

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**  
**FAKULTA TEXTILNÍ**

**PROBLEMATIKA PAPIRENSKÝCH  
FORMOVACÍCH SÍT ZE SYNTETICKÉHO  
MATERIÁLU**

The problems of papermaking forming fabrics from  
synthetic materials

**LIBEREC 2006**

**TOMÁŠ ČERVENKA**



## Prohlášení

Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a zpracoval jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušil autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním diplomové práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé diplomové práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé diplomové práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užít své diplomové práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

Beru na vědomí, že si svou diplomovou práci mohu vyzvednout v Univerzitní knihovně TUL po uplynutí pěti let po obhajobě.

V Liberci, dne 15.05. 2006

.....

..

Podpis

## **Poděkování**

Chtěl bych poděkovat celému kolektivu ve firmě Sítos a.s. za jejich trpělivost a touhu předávat informace i ostatním, zejména potom Ing. Pavlu Hřídelovi, který mě naučil nejen věci teoretické, ale i praktické. Velmi děkuji Doc., Ing. Vladimíru Moravcovi, CSc., který mi umožnil pracovat na tématu, které bylo pro mě nesmírně obohacující.

Mé poděkování patří také mé rodině a přítelkyni za psychickou i materiální podporu, kterou mi poskytovali po celou dobu mého studia.

## **Anotace**

Tato diplomová práce se zabývá problematikou papírenských formovacích sít ze syntetického materiálu. První část je věnována popisu, rozdělení, výrobě papírenských sít a parametrů, které jsou důležité pro formování papíru. V další části jsou tyto parametry vypočteny pro vybraná jednovrstvá a vícevrstvá síta firmy Sítos a.s. a zkoumán vliv struktury a vazby na jejich mechanické i užité vlastnosti. V poslední části jsou výpočty prakticky využity při výběru jednotlivých sít k danému typu papíru.

## **Anotation**

This Diploma Thesis deals with problems papermaking forming fabrics from synthetic materials. Forepart is devoted for description, partition, manufacturing of forming fabrics and parameters, that are important for rise high-quality paper. In next part these parameters are rated for choice single - layer and multiply forming fabrics of Sítos a.s. and examined influence textures and influence weave on choice mechanical and usable properties. In the final part are calculations practically used at selection particular forming fabrics to definite type of paper.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

papír

formování

tkanina

syntetický

odvodnění

vazba

## **KEYWORDS**

paper

forming

fabric

synthetic

dewatering

weave

# OBSAH

Přehled použitých symbolů a zkratk.....	9
<b>1. Úvod.....</b>	<b>11</b>
<b>2. Situace ve zkoumané oblasti.....</b>	<b>13</b>
<b>3. Formulace problému.....</b>	<b>16</b>
3.1 Úvod do papírenských sít.....	16
3.2 Postup výroby syntetických papírenských sít ve firmě Sítos a.s.....	24
<b>4. Struktura a geometrie tkanin.....</b>	<b>46</b>
4.1 Řez tkaninou.....	46
4.2 Vazba tkanin.....	47
4.3 Dostava osnovy a útku.....	49
4.4 Průměr osnovy a útku.....	50
4.5 Tloušťka tkaniny.....	50
4.6 Druh materiálu.....	51
4.7 Návod do brda.....	52
4.8 Plošná hmotnost.....	52
<b>5. Vlastnosti a parametry formovacích sít důležité pro formování papíru.....</b>	<b>55</b>
5.1 Úvaha o papíru a síti.....	55
5.2 Prodyšnost tkanin.....	62
5.2.1 Měření prodyšnosti přístrojem FF – 12/A.....	62
5.2.2 Měření prodyšnosti přístrojem PermTest.....	63
5.2.3 Jednotky prodyšnosti.....	64
5.3 Propustnost vody tkaninou.....	66
5.3.1 Metoda prostupu tlakové vody.....	66
5.3.2 Měření propustnosti vody přístrojem Sítos a.s.....	67
5.4 Index podpory vlákna (FSI – Fiber support index).....	67
5.5 Index odvodnění (DI – Drainage Index).....	70
5.6 Počet nosných prvků (NP).....	70
5.7 Stanovení T – čísla.....	71
<b>6. Mechanické vlastnosti formovacího papírenského síta.....</b>	<b>72</b>
6.1 Mechanické požadavky u sít formovacích.....	72
6.2 Základní mechanické veličiny formovacího síta.....	73
6.2.1 Napětí.....	74
6.2.2 Deformace.....	74
6.3 Tahové charakteristiky.....	76
6.3.1 Zkoušení pevnosti v tahu.....	76
6.3.2 Cyklické tahové namáhání.....	76
<b>7. Experimentální část.....</b>	<b>80</b>
7.1 Porovnání formovacích syntetických sít firmy Sítos a.s. a konkurence..	80
7.2 Výpočet parametrů důležitých pro papír a jejich srovnání u sít jednovrstvých a vícevrstvých.....	96

7.2.1	Výpočet T-čísla a $K_3$ .....	96
7.2.2	Výpočet a zhodnocení FSI (Fiber Support Index).....	97
7.2.3	Výpočet a zhodnocení DI (Drainage Index).....	100
7.2.4	Zhodnocení prodyšnosti a propustnosti sít.....	101
7.2.5	Výpočet a zhodnocení NP.....	104
7.3	Výsledky tahových zkoušek formovacích sít.....	106
7.3.1	Zkouška pevnosti a tažnosti sít.....	107
7.3.2	Zkouška pevnosti spoje.....	109
7.3.3	Zkouška poměrného prodloužení při cyklickém zatěžování ...	110
7.3.4	Zkouška poměrného prodloužení při konstantním zatížení.....	112
7.4	Vhodné použití typů sít pro jednotlivé druhy papíru.....	113
7.4.1	Jednovrstvé síto F-P32.....	114
7.4.2	Jednovrstvé síto F-P29-C.....	115
7.4.3	Dvouvrstvé síto F-D760.....	116
7.4.4	Dvou a půl vrstvé síto F-V761.....	117
7.4.5	Dvou a půl vrstvé síto F-V870.....	118
7.4.6	Dvouvrstvé síto F-D1640.....	119
7.4.7	Dvou a půl vrstvé síto F-V1640.....	120
7.4.8	Dvou a půl vrstvé síto F-V1660.....	121
7.4.9	Třívrstvé síto F-T40.....	122
7.4.10	Třívrstvé síto F-T64.....	123
7.5	Materiálové náklady jednotlivých formovacích sít.....	125
7.5.1	Výpočet plošných hmotností sít F-D1640, F-V1640 a F-T40.....	125
7.5.2	Výpočet plošných hmotností sít F-P32, F-V870 a F-T64.....	127
<b>8.</b>	<b>Diskuse a závěr.....</b>	<b>130</b>
<b>9.</b>	<b>Seznam použité literatury.....</b>	<b>134</b>
<b>10.</b>	<b>Seznam příloh.....</b>	<b>135</b>



## Přehled použitých symbolů a zkratek

<i>Symbol, zkratka</i>	<i>Popis</i>	<i>Jednotka</i>
$d_0$ .....	průměr osnovy	[mm]
$d_u$ .....	průměr útku	[mm]
$K_1$ .....	dostava osnovy	[1/cm]
$K_2$ .....	dostava útku	[1/cm]
$K_3$ .....	dostava útku na straně papíru	[1/cm]
$t$ .....	tloušťka tkaniny	[mm]
$d_{uv}$ .....	průměr vrchního útku	[mm]
$d_{us}$ .....	průměr spodního útku	[mm]
$d_{ud}$ .....	průměr doplňkového útku	[mm]
$d_{os}$ .....	průměr spodní osnovy	[mm]
$d_{ov}$ .....	průměr vrchní osnovy	[mm]
$d_{usp}$ .....	průměr spojovacího útku	[mm]
PES.....	polyester	
PAD.....	polyamid	
$t_1$ .....	rozteč tkaniny	[mm]
$d_1$ .....	průměr vlasce	[mm]
$m_1$ .....	mezera tkaniny	[mm]
$a_1$ .....	úsek měřené dostavy	[mm]
$\rho_s$ .....	plošná hmotnost	[kg. m <sup>-2</sup> ]
$m$ .....	hmotnost	[kg]
$S$ .....	plocha	[m <sup>2</sup> ]
$l$ .....	délka vzorku	[m]
$b$ .....	šířka vzorku	[m]

CFM.....	prodyšnost vzduchu	[ft <sup>3</sup> .ft <sup>2</sup> .min <sup>-1</sup> ]
ft.....	stopa	[0,3048 m ]
ε plastic.....	plastická (trvalá) deformace	[%]
ε elast.....	elastická (vratná) deformace	[%]
ε celk.....	celková deformace	[%]
FSI.....	fiber support index (index uváznutí vlákna)	[-]
a,b.....	koefficienty vycházející z podélných řezů	[-]
DI.....	drainige index (index odvodnění)	[-]
NP.....	počet nosných(podpůrných) prvků	[1/cm <sup>2</sup> ]
Kvz.....	koefficient v závislosti na vazbě	[-]
T-číslo.....	součet osnovní a útkové dostavy	[1/cm]
ε.....	tažnost či poměrné prodloužení	[%]
σ.....	napětí	[Pa]
F.....	pevnost v tahu vztaženou na jednotku šířky vzorku	[N. m <sup>-1</sup> ]
Pč.....	postupné číslo	[-]
W.....	tahová energie na jednotku plochy	[N.cm/ cm <sup>2</sup> ]

## 1.Úvod

Papír vždy hrál hlavní roli pro uchování myšlenek uměleckých či vědeckých. Bez papíru by byly různé teorie, zkušenosti i umělecká díla vytvořená naším mozkem stejně rychle zapomenuta, tak jako byla někdy rychle stvořena. Znalost písma, umění psát nám společně s papírem vytvářejí jedinečný most, po kterém mohou přejít někdy jen krátkodobé myšlenky či pocity na druhou stranu hmotného světa a mohou „relativně“ dosáhnout vysněné nesmrtelnosti. Spotřeba papíru tedy značně ovlivňuje kulturní a životní úroveň lidí. Tato práce se však nezabývá papírem a jeho účelem, použitím atd., ale bude se zabývat určitou etapou vzniku papíru.

Papírenský stroj na kterém se papír tvoří je složitý stroj, jehož důležitou součástí je i tkané síto bez kterého by papír nemohl vzniknout. Při výrobě papíru mají tyto síta poněkud rozdílné funkce podle toho v jaké části papírenského stroje se nacházejí. V přední části papírenského stroje se používají tzv. formovací (odvodňovací) síta, jejichž hlavní funkcí je rovnoměrné odvodnění vody z papíroviny. Naopak v zadní části papírenského stroje se používají tzv. síta vysoušecí, která musí propouštět vodní páru, která se vlivem tepla uvolňuje z již odvodněného, ale stále nedostatečně suchého papíru. Tato diplomová práce se zabývá využitím tkaných syntetických sít v papírenském průmyslu ve formovací části stroje, tedy síty formovacími. Svou strukturou jsou tato síta poněkud složitější než síta vysoušecí.

V současné době formovací síta mohou být jednovrstvá, dvouvrstvá, ale i třívrstvá. Dvouvrstvá a třívrstvá (dále síta vícevrstvá) síta dnes pomalu vytlačují, již zastaralá jednovrstvá síta, která se používají už jen na starších pomaloběžných papírenských strojích. Síta vícevrstvá dostaly svůj název díky navrstvením dvou útků či osnov nad sebou (síta dvouvrstvá) nebo útků i osnov nad sebou (síta třívrstvá). Tato vícevrstvá síta svojí strukturou dostávají unikátní vlastnosti, které umožnily vyrábět papír lepší kvality a při vyšších rychlostech.

Papírenská síta jsou vyráběna klasickou textilní technikou známou jako tkaní. Firem na výrobu papírenských sít není v České republice, ale ani v Evropě mnoho. Je velkým štěstím, že tato práce je napsaná ve spolupráci české úspěšné firmy Sítos a.s., která moderní papírenská síta vyrábí. Firma Sítos a.s. vyrábí síta pro výrobu papíru, již od roku 1919 a v dnešní době patří vůbec k nejmodernějším firmám pro výrobu

papírenských sít na světě. Svojí zkušeností, moderními postupy a technikou dávají této práci i reálný praktický rozměr a tato práce se bude snažit nahlédnout do výroby syntetických sít i z praktické stránky, které se někdy neřídí striktně jen teoretickými poznatky. Od klasické textilní výroby jsou tady určité odlišnosti, jak v postupu výroby tkaných sít, tak především ve finálním výrobku. Dá se tedy firma Sítos a.s. vůbec považovat za textilní firmu, jak ji známe ze školy? I na tuto otázku bude v této práci odpověď. Hlavním úkolem diplomové práce, ale bude porozumět problematice tkaných syntetických formovacích sít. V teoretické části budou napsány základní informace, které se týkají papírenských sít obecně. Součástí teoretické části bude i postup výroby syntetických sít tak, jak je realizován ve firmě Sítos a.s. Praktická část se skládá z několika důležitých bodů, které napomohou porozumět hlavním problémům papírenských tkaných sít. První úkol, který je řešen, je porovnání formovacích sít firmy Sítos a.s. s konkurenčními výrobky. Hlavním cílem prvního bodu bude porovnat výrobky jednak po stránce vazební se všemi příslušnými příčnými i podélnými řezy, s rozepsanou střídou vazby a porovnání veličin, důležitých pro formaci papíru, které z vazby, způsobu provázání a postupu výroby vycházejí. Dalším úkolem této práce bude ze znalosti struktury a vlastností syntetických sít pro papírenský průmysl doporučit pro různé typy sít jednotlivé typy papíru. Přestože dochází na formovacích sítích k odvádění vody, hlavním parametrem, kterým jsou tato síta celosvětově srovnávána a doporučována na papírenský stroj, není propustnost vody, ale prodyšnost. Proto budou naměřeny prodyšnosti a propustnosti vybraných sít a vysvětleny výhody, nevýhody těchto parametrů. Dále budou také popsány a vypočítány materiálové náklady na jednotlivé typy sít.

Přečtení této práce by mělo pomoci k pochopení výroby papírenských syntetických sít a dosáhnout základních znalostí o struktuře, použití a problémech formovacích sít. Tato práce popisuje základní postupy, které probíhají v moderní firmě Sítos a.s. na výrobu papírenských sít. Zahrnuje jak nepostradatelné teoretické základy o problematice formovacích sít tak i důležité praktické poznatky, bez kterých by kvalitní konkurenceschopné síto nemohlo vzniknout.

## 2. Situace ve zkoumané oblasti

Firma Sítos a.s. vyrábí nejen papírenská síta, ale je specialistou i na výrobu filtračních tkanin, které také představují plnohodnotnou konkurenci na světovém trhu. Dále se tato práce bude zabývat pouze formovacími síty, které jsou předmětem zkoumání této diplomové práce. V České republice vyrábí formovací síta pouze firma Sítos a.s. , která má již dlouholetou tradici ve výrobě papírenských sít. Síta se zde vyrábí již od roku 1919 a v dnešní době patří firma Sítos a.s. ke světové špičce v této oblasti výroby. Síta firmy Sítos a.s. mají odbyt prakticky po celém světě, Evropu počínaje a Austrálií konče. Na počátku svého vzniku firma Sítos a.s. vyráběla papírenská síta kovová (zejména bronzová), která ovšem nebyla příliš vhodná vzhledem ke své špatné životnosti, resp. rychlému opotřebení (velká tuhost v ohybu, velký součinitel tření mezi poháněcími válci a sítím) především krajů a spojů. Nicméně až do 60.let 20.století se tato formovací síta běžně používala v papírenských závodech. S vývojem syntetických materiálů se začalo uvažovat o jejich použití na papírenský stroj. Síta syntetická měla oproti kovovým sítům až 30 krát větší životnost proti opotřebení. Nicméně oproti sítům kovovým se musel vyhradit prostor v závodě pro nutnou tepelnou fixaci syntetických sít, které tím dostávají konečné požadované vlastnosti papírenského síta. V roce 1965 proběhly první pokusy výroby síta se syntetickým materiálem, jednalo se o síto, kde polyamidový vlasec tvořil osnovu a útek byl bronzový drát. Dalším vývojem polyesterových vlasců došlo k úplnému vytlačení kovových papírenských sít. První úspěšně provozovaná syntetická síta byla většinou utkána v dutině, tj. neměla žádný spoj. Vyrobit síto tkané v dutině znamenalo mít stav jehož šíře byla polovinou délky síta, což by znamenalo zcela vyměnit výrobní zařízení sítoven. Proto se od tohoto postupu výroby upustilo a vývoj šel směrem zdokonalování spoje na syntetickém síti. Dnes firma Sítos a.s. Strakonice vyrábí pouze syntetická síta (PES, PAD, PES a PAD) a to síta jednovrstvá , dvouvrstvá a nejnovější třívrstvá síta.

Papírenská formovací tkaná síta (dále formovací síta) musí mít z hlediska své funkce filtrační vlastnosti, tedy musí propouštět především vodu a musí zachycovat vlákna a přísady tvořící budoucí papír. Papír musí mít po celé své délce i šířce rovnoměrnou tloušťku a povrch. Z toho vyplývá, že formovací síta musí mít stejné retenční i odvodňovací vlastnosti také po celé své šířce i délce. Proto jsou formovací síta velice náročná vzhledem k procesu tkaní. Průběh tkaní i následná tepelná fixace

musí být velice přesná, proto jednotlivé části tkacího stroje a fixačního zařízení jsou regulovány a řízeny výpočetní technikou. Z hlediska ekonomického je výroba formovacích sít dosti nákladná jak na provoz tkacích strojů tak i na kvalifikované pracovníky. Formovací síto může dosáhnout i milionové částky a proto jakékoli chyby a vady na síti mohou způsobit velké finanční škody. Firma Sítos a.s. vlastní 19 tkacích stavů, které mají celkovou maximální tkací kapacitu cca 350000 čtverečních metrů tkaniny. Z těchto devatenácti tkacích stavů připadá 11 stavů čistě na výrobu papírenských sít. Stroje na výrobu papírenských sít jsou vyrobeny německou firmou Jäger (resp. Draweba), společností s dlouhou tradicí výroby tkacích strojů. K tomu ještě patří tři stroje na výrobu tzv. spirálových sít, které se používají jako vysoušecí síta v papírnách. Technologie ani stroje na výrobu spirálových sít nejsou, ale předmětem této práce, nejedná se o tkaninu nýbrž o textilií vyrobenou alternativní metodou, navíc síta vyrobená touto technologií se používají jen ve vysoušecí části papírenského stroje (více kap.1.1). Tepelnou fixaci zajišťují dvě fixační zařízení od firmy Jäger a firmy AG (více kap.1.1).

Protože vazby formovacích sít jsou čím dál víc složitější a neustále se vyvíjejí nemusejí současné hydraulické tkací stavy firmy Sítos a.s. stačit v počtu listů, proto jistým záměrem firmy by mělo být rozšíření o nové tkací stavy s větším počtem listů. Další úpravou současných tkacích stavů je nahrazení hydraulického systému ovládající pohyb jednotlivých listů krokovými motory (obr.1). Na každém jednotlivém listu tkacího stavu bude nainstalován jeden krokový motor, který lze regulovat pomocí výpočetní techniky. Listy se potom dají snadno synchronizovat (regulace tahu osnovy, tvorba prošlupu) tak ,aby vzniklo dané síto o požadovaných vlastnostech (dostava, setkání atd.).



Obr.1 Tkací stav s listy ovládanými krokovými motory

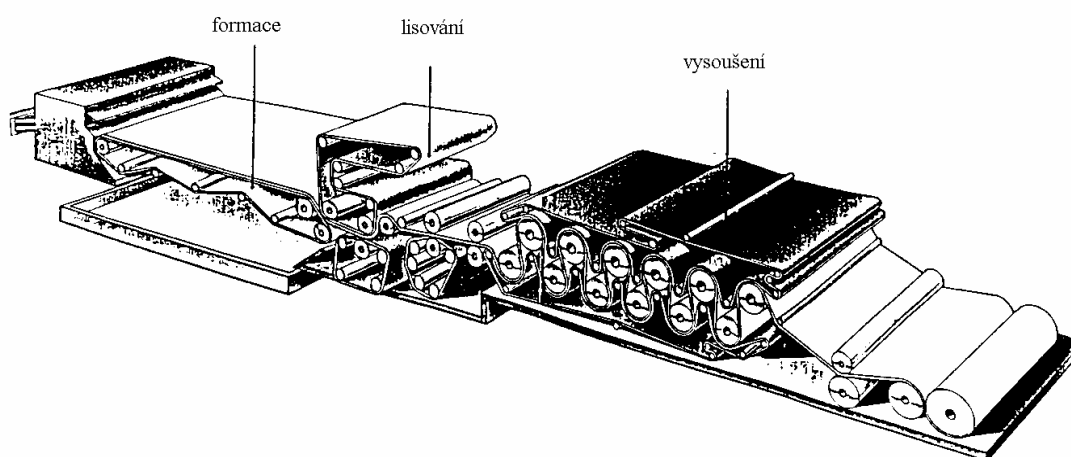
Důležitou součástí výroby, zlepšení kvality a vzniku formovacího síta požadovaných vlastností je i jeho průběžné zkoušení. Kvalita a jednotlivé parametry síta musí souhlasit s požadavky zákazníka. Proto součástí moderních firem jako je Sítos a.s. je i vývojová a zkušební laboratoř. Měří se zde především trhací zkoušky jednotlivých vlasců i hotových tkanin. Velice důležitým měřením je např. měření pevnosti tkaného spoje u formovacích sít (viz kap.7.3). Součástí laboratoře je i přístroj na měření profilu vlasců, tkanin, na měření odolnosti vůči hydrolýze a proti teplotám. Měří se zde i ručním zařízením prodyšnost tkaniny v průběhu tkaní i po fixaci (kap.5.2.2). Protože u formovacích sít je důležitý prostup vody nikoli vzduchu je měření prodyšnosti u formovacích sít poněkud zavádějící. Nicméně celosvětově je *prodyšnost* formovacích sít přijímána jako standard a propustnost jako parametr formovacích sít žádná firma ve svých katalozích výrobků neuvádí. Vyjimku tvoří jen firma Sítos a.s. , která zkoušky propustnosti formovacích sít provádí na přístroji, který si firma vyvinula sama. Tento přístroj simuluje odvodňování papíroviny a propustnost, pak tvoří další důležitý parametr, který napomáhá vhodnému výběru a použití síta na daném papírenském stroji pro daný papír (více kap.5.3.2).

O kvalitní výrobě lze hovořit pouze v tom případě, jsou-li dodrženy sjednané podmínky dodávek, vlastnosti výrobků, resp. jejich hodnoty, a to s výkyvy těchto vlastností pouze ve stanoveném rozsahu. Proto i firma Sítos a.s. se řídí kvalitou výroby dle mezinárodních norem řady 9000, které zaručují dlouhodobou záruku stálé kvality výrobků. Certifikace výrobků, postupů, metod dle ISO 9000 je nutným standardem moderní firmy jako je Sítos a.s.

### 3. Formulace problému

#### 3.1 Úvod do papírenských sít

Síto je jednou z nejdůležitějších částí papírenského stroje. Výroba syntetických sít našla uplatnění v základních třech částech papírenského procesu tzn. v části odvodňovací, části lisovací i části sušící (obr.2). Každý typ síta má svou speciální funkci, musí být navržena, sestrojena a vyrobena tak, aby odpovídal typu papíru, pozici na papírenském stroji a velikosti. Síto odvodňovací (dále formovací) dopravuje vlákninu od nátokové skříně k lisové části a během této doby napomáhá k jejímu odvodňování. Papírový pás odvodněný na síti postupuje dále do lisové části papírenského stroje. Zde dochází k dalšímu mechanickému oddělení vody lisováním mezi dvěma otáčejícími se lisovými válci. V lisové části papírenského stroje se zatím ještě syntetická síta nepoužívají, výjimku tvoří tzv. síta fabric, která se používají v lisové části jako podklad pro papírenské plstěnce a zároveň tak napomáhají odvodňování. Konzistence po lisové části je na úrovni 95 % vláken a 5 % vody, což je typickou konzistencí běžného papíru. Další odstraňování vlhkosti mechanickým způsobem by již nebylo hospodárné a proto se papír musí na konečnou sušinu dosoušet. To má za úkol síto vysoušecí, které přitlačuje papírový pás k povrchu vyhřívaných sušících válců a umožňuje odvádění odpařené vody.



Obr.2 Schéma papírenského stroje s podélným sítem



Základními požadavky papírenských sít jako celku jsou:

- síto musí mít co největší odolnost proti mechanickému a chemickému opotřebení
- plocha síta musí být rovná bez nepravidelností ve vazbě a bez tkalcovských chyb
- spoj síta musí být pevný a nesmí se značit ve vyráběném papíru
- co možná nejdelší provozní životnost
- síto jako celek nesmí značit papír

Nutno podotknout, že síta jednotlivých částí tvorby papíru mají odlišné funkce a proto i požadavky na síta jsou v některých oblastech jiná. Příkladem může být třeba rozdílné skupenství, které je u formovacího a vysoušecího síta odlišné. U sít formujících papír je tedy důležitá především propustnost vody a z ní vyplývající a úzce související retence vláken (tedy míru zadržení vláken), u sít vysoušecích je zase důležitá tzv. prodyšnost, která zajišťuje dostatečný prostup přehřáté páry. Proces utváření (formování) papíru na formovacích sítích je náročnější i z hlediska značení. U sít vysoušecích se tím myslí spíše, aby síto nebylo zašpiněné a neutvářelo na papíře skvrny či nečistoty a docházelo tak k rovnoměrnému sušení. Nicméně, je třeba zvolit odpovídající typ spoje, protože i v některých sušicích částech stroje může docházet ke značení spoje. U sít formovacích se zabráněním značení myslí spíše, aby vznikala rovnoměrná vrstva papíroviny a byla tak připravena pro lisovou část stroje, kde papír dostává konečnou tloušťku a vzhled. Síto formovací nesmí být tedy zvlněné nebo mít nevhodnou vazbu, což by zapříčinilo rozdílnou strukturu v různých částech vytvářeného papíru, neměl by tedy rovnoměrnou tloušťku po celé šíři a délce papíru. Spoj u sít formovacích má daleko větší význam z hlediska přesnosti utváření spoje, protože musí být co nejshodnější s vazbou spojovaného síta, mít stejné odvodňovací a retenční vlastnosti. U vysoušecích sít postačí, když spoj síta má stejnou tloušťku jako část síta, která byla utkána.

### 3.1.1 Rozdělení sít můžeme dělit podle jednotlivých kritérií a to především podle

- podle použitého materiálu
- vazby tkaniny
- podle provedení spoje
- použití na papírenském stroji
- podle techniky výroby síta

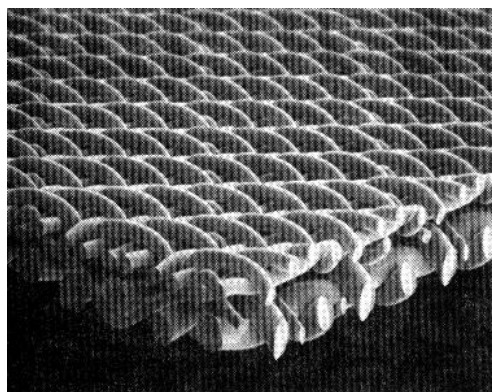
Z hlediska použitého materiálu rozdělujeme síta

- monofilové
- multifilové
- opláštěvané multifily (např. vysoušecí síta PES obalen teflonem)

Z hlediska textilních vazeb můžeme rozdělit síta

- jednoduchá či jednovrstvá (převážně plátňová, keprová či atlasová vazba)
- vícevrstvá - víceútková (převážně síta formovací) neboli dvouvrstvá
  - víceosnovní (především síta vysoušecí) neboli dvouvrstvá
  - vícenásobná se spojovacím útkem, tzv. síta třívrstvá obr.3 ( jen u formovacích sít)

Obr.3 Třívrstvé síto



Jednovrstvá vazba znamená minimální značení síta, ale nejedná se o velice praktické síto pro běžnou papírenskou výrobu. Naproti vícevrstvé tkaniny nabízí vysokou podporu vlákna. Průměry vrchních útků, spojené s většími spodními útky dává sítu unikátní vlastnosti. Výsledkem je zlepšená formace, retence i životnost síta. Hlavní výhody vícevrstvých sít oproti jednovrstvým jsou v zásadě tyto:

- větší rozměrová stabilita a odolnost v napnutí
- větší odolnost vůči opotřebení a poškození
- zlepšená formace
- vyšší kapacita odvodnění ( pomalejší počáteční odvodnění )
- rovnoměrnější dodávka vláken
- větší podpora vlákna
- větší retence vláken
- menší riziko dvoustrannosti papíru

Podle provedení spoje dělíme síta na

- nekonečná (s tkaným sítem)
- rozebíratelná (s rozebíratelným spojem)

Nekonečné provedení síta může být dosaženo 3 způsoby:

- tkaním do dutiny, kdy útek v jednom směru prohazování provazuje jen horní polovinou osnovy a v opačném směru pouze spodní polovinou stranou, kterým se, ale tato práce zabývat nebude (firma Sítos a.s. a další moderní výrobci papírenských sít tuto techniku v současnosti již nepoužívají)
- spojením tkaniny do nekonečného pásu spojem
- přípravou rozebíratelného spoje na obou koncích síta, které se do nekonečného pásu spojí až po nasazení na provozní zařízení použití na papírenském stroji (pozn.v současné době neexistuje u formovacích sít dokonalý rozebíratelný spoj, který by neznačil)

Z hlediska použití na papírenském stroji rozdělujeme síta

- odvodňovací (neboli formovací) – jsou předmětem této diplomové práce
- vysoušecí
- sráživá (síta fabric v lisové části jako podložné síto pod plstěncem)

Podle techniky výroby síta (je podrobněji popsána v části 3.2 Postup výroby sít)

- tkaná
- spirálová

### 3.1.2 Požadavky na materiál vyplývající z funkce síta na stroji

Každé z uvedených druhů sít má na stroji jinou funkci a podle toho se také liší požadavky na vlastnosti materiálu, z kterého je síto vyrobeno. Ve všech třech případech pracuje síto jako nekonečný pás, se spojem nerozebíratelným (tkaným) nebo rozebíratelným. Papírenské síto odvodňovací dopravuje vlákninu do nátokové skříně k lisové části a během této doby ji odvodňuje. Síto je poháněno jedním nebo dvěma válci sítové části a otáčí všemi válci ostatními. Dopravuje postupně odvodňující papírovinu od nátoky k lisové části. Požadavky kladené na materiál síta vyplývají převážně z jeho mechanické funkce.

Osnovy musí být:

- pevné, pružné a odolné v ohybu
- odolné proti oděru
- odolné proti chemikáliím obsaženým ve vláknině a sítové vodě

Naproti tomu útky mají stejné vlastnosti jako osnova s tím že mají:

- vytvářet s osnovou vazbu tkaniny a udržovat stejnoměrnou velikost otvorů
- zajišťovat diagonální tuhost tkaniny

Osnova oproti útku především určuje rozměrovou stabilitu síta, pokud bude osnova nestabilní (zaleží to na použitém materiálu a termofixaci ) tak bude i síto rozměrově pracovat – tedy prodlužovat se a nebo srážet v podélném směru.

Podle technologické funkce by síto mělo být co nejjemnější a mít příslušnou odvodňovací vlastnost, podle mechanické funkce naopak co nejhrubší. Síto tedy musí umožnit optimální rychlost odvodňování, neznačit strukturou síta do povrchu papíru a naproti tomu síto by mělo být, co nejsnadnější na udržování čistoty a samozřejmě by mělo mít co možná nejdelší provozní životnost. Vlastní volba provedení a materiálu musí být tedy kompromisem mezi oběma požadavky.

Z hlediska materiálu se používají především polyamidový a polyesterový monofil. Polyesterový monofil má při vyšších tlacích ve stykové oblasti válců snahu štěpit se na jednotlivé svazky makromolekul vlákn. Naproti tomu má však polyamidový monofil vyšší navlhavost než polyester a je choulostivější na tvoření vln z důvodů menší rozměrové stability. Téměř všechna síta jsou vyrobena v kombinaci PES/PAD. Pro odolnost vůči opotřebení mohou být užity střídavě polyamidové vlasce ve spodní vrstvě vícevrstvých sít. Polyamid není rozměrově stabilní v mokřích podmínkách, což omezuje jeho užití v odvodňovacích sítích. Polyester má dobré vlastnosti prodloužení a je odolný kyselinám, ale podléhá hydrolyze v alkalických podmínkách

Polyamid a polyester mají následující vlastnosti :

- polyamid je ohebnější než polyester
- pro odolnost tlaku (a odolnost proti nárazům) je polyamid stálejší, polyester má tendenci se pod tlakem lámat
- přenos tepla je u polyamidu a polyesteru odlišný
- odolnost proti oděru u polyamidu je vyšší než u polyesteru
- polyester má vyšší hustotu než polyamid

Velmi důležité pro odvodňovací síta jsou vlastnosti sráživosti. Pro odvodňovací síta by osnova měla mít malé prodloužení a útek by měl mít malou sráživost. Jak se zvětšuje prodloužení roste sráživost.

Papírenské síto vysoušecí má za funkci přitlačovat papírový pás k povrchu vyhřívaných sušících válců a umožňovat odvádění odpařené vody. Umožňuje tak snadnou propustnost odpařené vlhkosti z pásu papíru při menších nákladech na tepelnou energii. Ve výrobě vysoušecích sít je používáno větší množství různých syntetických vlasců než u odvodňovacích sít. Druhy materiálů užívaných pro vysoušecí síta jsou pestřejší než-li je tomu u sít vysoušecích, vyplývá to z větších nároků co se týče počtu požadavků na síta. Používá se proto především multifilu, monofilů, opláštěvaných multifilů i příze, různých druhů materiálů.

Materiál na vysoušecí síta musí splňovat následující požadavky:

- tepelnou stabilitu
- velká odolnost proti teplotám
- velká odolnost proti hydrolýze
- odolnost proti abrazi (obroušení)
- tuhost tkaniny v příčném směru
- pevnost a stabilita v příčném směru
- ohebnost ve směru podélném
- malá navlhavost
- velká pevnost v tahu
- odpuzování nečistot
- malé prodlužování při tahovém zatížení
- odolnost proti chemikáliím (kyselinám a zásadám)
- rovnoměrnou hustotu, pevnost, prodloužení, teplotní sráživost

#### Shrnutí

Syntetická síta, která mají 10 – 30 krát větší životnost než síta kovová, již téměř tato síta vytlačila. Větší odolnost vůči opakovaným dynamickým namáhání, zejména odolnost proti ohybu, ale také odolnost vůči prostředí jen urychlilo ústup kovových papírenských sít. Kovová síta také neumožňovala velkou variaci vazeb, především dvouvrstvé tkaniny ve formovací části by byly velice náročné na tkaní, vzhledem k horším mechanickým vlastnostem těchto vláken. Přitom právě vícevrstevná síta způsobila zvyšování rychlosti stroje a šířky. Samozřejmě také zlepšily i kvalitu papíru. Další výhodou syntetických sít je, že nevyžadují tak pečlivé zacházení při nasazování do stroje jako síta kovová. Výhodou oproti dříve používaným plstěncům je sušení papíru při menších nárocích na tepelnou energii, životnost sít a jejich lepší rozměrová stálost.

### 3.2 Postup výroby papírenských formovacích sít

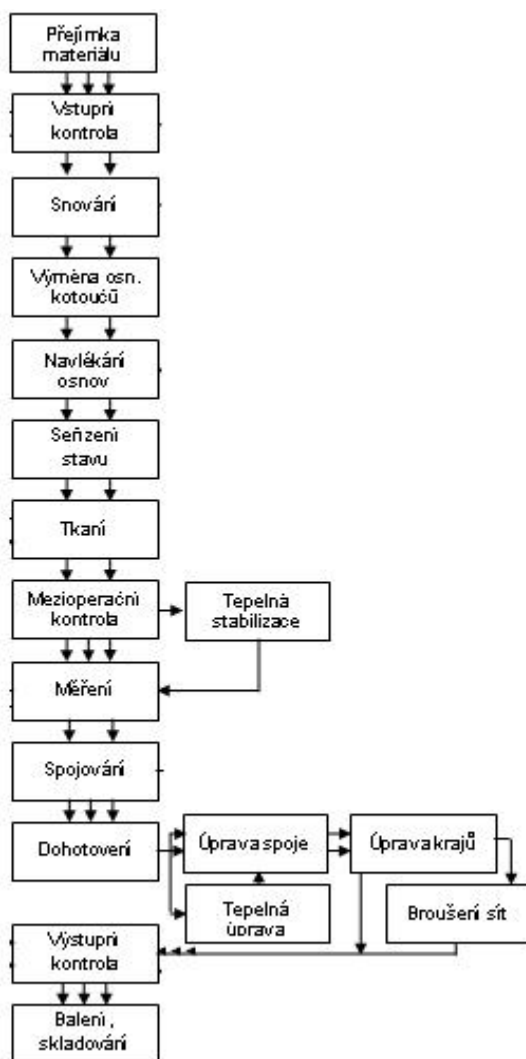
Ve firmě Sítos a.s. se používá 19 tkalcovských stavů pro výrobu papírenských a technických tkanin (dále síta). Dále se tato práce zabývá jen tkalcovskými stavy, které vyrábějí formovací síta pro papírenský průmysl. Z 19 tkalcovských stavů firmy Sítos a.s. tká formovací síta pro papírny jen pět stavů, jejichž parametry jsou uvedeny v tab.1. Stroje pro výrobu sít jsou vyrobeny německou firmou Jäger (resp. Draweba), společností s dlouhou tradicí výroby tkacích strojů. Tkací stroje používány firmou Sítos a.s. byly vyrobeny převážně v 80tých a 90tých letech, proto musela být postupem času se stoupající náročností na kvalitu a zejména přesnost výroby sít, zmodernizována. V současnosti tyto stavy dokáží utkat papírenská síta té nejvyšší kvality i kvantity.

Tab.1: Přehled tkalcovských stavů na výrobu papírenských sít firmy Sítos a.s.

	Draweba 1973	HP 200, Jäger 1987	HP 200, Jäger 1984	HP 310, Jäger1979	Draweba
druh vyráběného papírenského síta	formovací	formovací	formovací	vysoušecí	vysoušecí
max. hmotnost tkaniny na stroji [kg]	5000kg	2000kg	2000kg	3000kg	5000kg
maximální šířka [m]	7,27	8,56	9,75	9,35	7,27
efektivní šířka [m]	6,8	8,4	9	8,8	6,8
počet prohozů [útků/min]	27	35	35	27	27
počet listů	16	20	8	12	16
přední regulátor	krokový motor	krokový motor	krokový motor	krokový motor	krokový motor
zadní regulátor	krokový motor	krokový motor	krokový motor	krokový motor	krokový motor
druh materiálu	syntetický	syntetický	syntetický	syntetický	syntetický
maximální průměr osnovy [mm]	1	0,7	0,9	0,9	1
maximální průměr útku [mm]	1	0,7	0,9	1	1



Všechny práce nezbytné k vyrobení papírenského síta můžeme vidět názorně na obr.4 :



Obr.4: Postup výroby papírenského síta

Papírenské síto jako každá tkanina se skládá ze dvou soustav nití – z osnovy a útku, které se vzájemně provazují. Název „tkanina“ se používá obvykle při výrobě, až do fáze, kdy je opatřena spojem, pak se výrobek již obvykle nazývá „síto“, budeme tedy respektovat toto označení. Každá tkanina má stranu lící – u síť přichází do styku s výrobkem (tedy papírem) a rubovou. Při výrobě je strana horní – směrem k pracovníkovi při příslušné operaci a strana spodní – opačná od pracovníka.

Osnova dále tedy musí být navinuta na osnovním válci, navlečena ve tkalcovském paprsku a napnuta v podélné ose stavu tak, aby se mohla pravidelně

posouvat a jako hotová tkanina nabalovat na zboží válec. Útek se navijí na vhodná tělíska, která se vkládají do člunku a ten je zanáší sem a tam prošlupem.

### **3.2.1 Přejímka materiálu a vstupní kontrola**

V dnešní době se snaží moderní firmy zekonomizovat výrobu co nejvíce, samotné přesoukávání cívek na jiná tělíska, vyhovující pro danou cívečnici, je pro firmu neekonomické. Proto se firmy snaží donutit podniky, dodávající přízi (monofily), aby už při výrobě monofilů byl potřebný materiál nasoukán na cívku vhodnou k nasazení na cívečnici. Hlavním dodavatelem syntetických materiálů pro papírenská síta pro firmu Sítos a.s. je německá firma Tejin. Cívky tedy jsou baleny, dodávány a přicházejí do firmy Sítos a.s. už jako hotový výrobek, přímo použitelný na snování. Každá cívka s navinutým vlasem, která je dopravena do skladu musí být opatřena štítkem s údaji:

- a) označení výrobce materiálu
- b) označení druhu a typu výrobku
- c) jmenovitý rozměr (obvykle průměr)
- d) označení výrobní série
- e) datum (výroby, expedice či kontroly)

Syntetické monofily jsou dodávány na typizovaných cívkách, jež nevyžadují specifické podmínky skladování. Jakost povrchu je kontrolována pohledem. Povrch monofilů musí být hladký, čistý, neodřené, bez kazů, rýh a trhlin, návin na cívkách musí být rovný a tvrdý. Počet dodaných řádně navinutých cívek je tedy zkontrolován a pokračuje do laboratoře, kde se zkoušejí požadované vlastnosti daného materiálu, především tedy geometrické (průměr, ovalita, jemnost) a mechanické vlastnosti materiálu (pevnost, tažnost, sráživost). Standardní množství pro rozbor je 10% cívek z jedné dodávky. Dále potom již zkontrolované monofilní vlasce putují na samotné snování resp. je nasazena na osten cívečnice.

### **3.2.2 Snování**

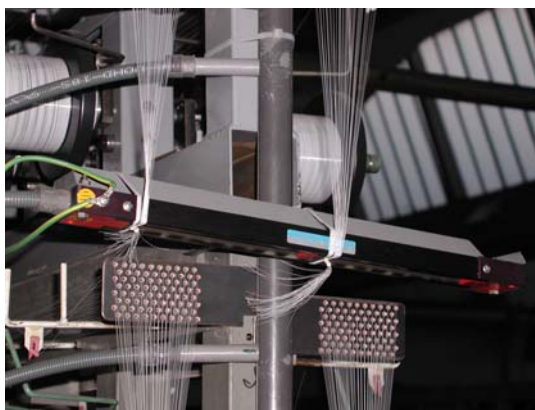
Osnova může být navinuta buď přímo na osnovním válci nebo na vyměnitelných kotoučích. U syntetických sít se provádí snování na kotouče (obr.5), které je výhodnější než snování přímo na osnovní vál. Zkrátí se totiž technologicky nutný proces, tj. doba od ukončení tkaní jedné osnovy do započítí tkaní na osnově další o celou dobu snování.

Snadněji se nastavuje a udržuje stejnoměrné napnutí snovaného pásu, které je u jemných syntetických sít velice důležité, protože potom mohou vzniknout problémy při tepelné fixaci. Jednotlivé nitě jsou svedeny v určitém pořadí do paprsku snovacího zařízení. Z prostorových důvodů není možné, aby cívečnice byla tak velká, aby pojmulu tolik cívek, kolik osnova obsahuje nití. Proto se navijí v mnohokrát opakovaných menších šířkách – pásech, které mají plnou osnovní dostavu. Tento způsob je odvozen od tzv. saského snování používaného v textilním průmyslu.



Obr.5 Osnovní kotouče

Jednotlivé cívky osnovy jsou nasazeny vodorovně na rámu, tzv. cívečnici. Cívečnice ve firmě Sítos a.s. pojme cca 1200 cívek. Cívečnice je přizpůsobena tvaru a velikosti cívky, na které je výrobcem navinut potřebný materiál, v tomto případě tedy osnova. Kostra cívečnice je sice původní, ale jednotlivé ostny, na které se cívka nasazuje, už jsou přizpůsobeny novým tvarům cívek. Navíc i nitěvé brzdičky (napínače), které napomáhají zejména při rozběhu a doběhu navíjení na snovací kotouč, jsou ze zkušenosti upraveny tak, aby maximálně splnili svůj účel, tedy udržovaly stálé napnutí vlasce. Cívečnice je opatřena velmi důležitým prvkem, který odvádí elektrostatickou elektřinu vzniklou při tření nití s ostatními vodícími prvky cívečnice. Jedná se o eliminátor statické elektřiny (obr.6), kdy při snování vzniká vlivem tření nití o vodící elementy značný elektrostatický náboj, který ztěžuje zpracovávání nití při snování. Obzvláště v suchém prostředí nelze neupravený syntetický materiál bez použití eliminátorů prakticky snovat.



Obr.6 Eliminátory statické elektřiny

Osnovní materiál z cívek, na kterých je dodáván, se musí převinout na jednotlivé kotouče. Úkolem je soustředit vlasce do pásu určité šířky tak, aby osnova měla správnou délku na kotoučích a byla navinuta bez výstupků a prohlubní. Velkou pozornost musíme věnovat rovnoměrnému napnutí jednotlivých vlasců snovaného pásu. Při opuštění cívečnice pokračuje nit' dále do paprsku snovadla a navijí se ve vrstvách v pásu určité výšky a šířky, vyplývající z velikosti kotouče. Před samotným snovadlem je tzv. navíjecí zařízení, které je složeno ze soustavy malých válců, přes které snované nitě přecházejí pod určitým napětím, kontrolované tenzometrem a tím je zajištěno správné napětí osnovy na kotoučích. Umožňují tedy plynulou regulaci rychlosti navíjení a napnutí snovaného pásu. Toto navíjecí zařízení je poháněno krokovým motorem, který reguluje rychlost otáčení těchto válců a tím určuje tzv. tvrdost návínu. Počítadlo udává v každém okamžiku nasnovanou délku (m) a počet obrátek, které zbývají dotočit. Snovadlo je vybaveno dotykovým elektronickým panelem pro možnost navolení požadovaných hodnot rychlosti snování, napnutí pásu, počtu obrátek a dalších veličin (pojížděcí rychlost při manipulaci apod.). Po navinutí předem stanovené délky osnovy se snovadlo samočinně zastaví. Niťové zárážky jsou umístěné na cívečnici (jsou to vlastně lamely), při přetrhu nebo vyčerpání zásoby nitě na cívce rovněž zastaví stroj. Důležitým prvkem snovadla je tzv. křížový paprsek, který umožňuje vytvoření tzv. snovacího kříže, který zajišťuje správné pořadí osnovních nití při tkaní. Tento snovací kříž se zajistí, tak že jednotlivé soustavy se přelepí páskou ke kotouči. Důležitou součástí snovacího stroje je i snovací paprsek, kterým se nastavuje šířka pásu a hustota nití při snování. Po správném navinutí nití se kotouč odjistí a uloží se do prostoru, kde bude následně nasazen na osnovní válec společně s dalšími navinutými

kotouči tak, aby byla vytvořena požadovaná šířka tkaniny. Počet monofilů v osnově závisí na její šířce a osnovní dostavě tkaniny. Celková šířka osnovy má být přibližně stejná jako budoucí šířka tkaniny. Osnova se nemá od osnovního válce s kotouči směrem k brdu ani zužovat ani rozšiřovat. Při snování na kotouče musí mít pás tolik osnovních nití, kolik jich je na určitou šířku kotouče šířky tkaniny. Při plánování délky osnovy se musí brát v úvahu její zvlnění ve tkanině. Z 1 metru osnovy se vyrobí menší délka tkaniny (setkání). Délka osnovy se určuje podle počtu a délky jednotlivých sít, které se na ní mají vyrobit a podle plánovaného setkání osnovy.

Stavy umožňují výměnu kotoučů, aniž by se osnovní válec musel vyjímat mimo stav. Pomocí hydraulického zvedáku se válec nepatrně zdvihne a vyjme se spodní část dělené stranice. Při výměně kotoučů se válec zdvihá hydraulickým zvedákem, přičemž jeden konec osnovního válce je stále uložen nedělené stranici a na druhé straně se pod osnovní válec podkládá spodní část.

Kotouče pro široké osnovy syntetických sít se musí nasazovat v určeném pořadí, aby se vyloučilo sousedství pásů s malým a velkým napnutím při snování. Musí se zamezit prudkým nárazům kotoučů, aby se nasované vrstvy nárazy nezařezávaly nebo aby se čela kotoučů nepoškodila.

Při snování syntetických monofilů se musí dbát mimořádně pečlivě na to, aby se nikde nenarušoval hladký povrch monofilu. Všechna místa, kde se od cívečnice ke snovadlu lomí přímý směr vlasce, musí být vyrobena z takového materiálu, aby se monofil do něho nezařezával a sám se povrchově nenarušoval.

Firma Sítos a.s. vlastní i hydraulický tkací stav Jäger HP 200, který umožňuje nasazení jednotlivých kotoučů na dva nezávislé osnovní válce (obr.7). Tím může být docíleno větší variability osnovy ve tkanině, můžou být na každý osnovní válec nasazeny nitě o různých průměrech, popřípadě i o různých materiálech, což je velice výhodné z hlediska funkce formovacích papírenských sít.



Obr.7 Jäger HP 200 s 2 osnovními válci

Účelem snování je tedy vytvořit na snovacím kotouči stavu soustavu rovnoběžných nití o určité délce, šířce a osnovní dostavě. Osnova je souhrn všech podélních nití ve tkanině. Osnova na stavu se odvíjí z osnovních kotoučů, které jsou nasazeny na společném osnovním válci vlasce jsou napnuty šikmo vzhůru přes vzpěrný válec do tkací roviny. Jde očky nitěnek příslušného listu a mezerami paprsku upevněného v bidle. Za bidlem začíná tkanina, která jde dále přes hladící osten na prsním válci a navíjí se na válec zbožový.

Požadavky kladené na osnovu:

- osnova musí být v jednotlivých pásích navinuta bez výstupků nebo propadlin oboje způsobují plošnou nerovnost vytvářené tkaniny
- napnutí jednotlivých pásů musí být co nejstejněměrnější, vrchní vrstvy osnovy nesmí být napnuté více než spodní, protože by se do nich zařezávaly a jednotlivé osnovní nitě by při tkaní praskaly
- osnova musí obsahovat předepsaný počet nití, pokud je jich méně, tkanina bude užší, pokud je jich více, vznikne zbytečně větší odpad při okrajovém odstřihu
- v osnově nesmí být nitě, které se při snování přetrhly
- osnova musí být co nejdelší, čím je delší, tím je příznivější poměr mezi dobou tkaní a dobou , kdy se stav připravuje, nicméně je dána tloušťkou návínu

### 3.2.3 Navlékání (navádění)

Každá osnova navinutá na osnovním válcí se musí podle předepsané vzornice navléknout do tkalcovského brda a do paprsku. Zásadně platí, že všechny osnovní nitě navedené do nitěnek téhož listu provazují s útkem stejné. Do každé mezery paprsku se navléká většinou jedna až čtyři osnovní nitě. Všechny chyby se musí odstranit před započítím tkaní, protože tkanina musí být naprosto pravidelná.

Účelem navlékání je navedení jednotlivých osnov do návodem určených nitěnek jednotlivých listů a do paprsku za účelem vytvoření předepsané vazby.

Syntetická síta se vyrábějí jak v jednoduchých, tak i ve vazbách složitějších, pro které je nutný větší počet listů, firma Sítos a.s. vyrábí až šestnáctivazná síta, pro která je potřeba minimálně 16 listů na uskutečnění tkaní tohoto typu síta. Maximální počet listů, které je možno nasadit na tkací stav, je 20 u již výše zmiňovaného stroje Jäger HP 200. V těchto vícelistových brdech se pochopitelně mohou tkát i vazby jednoduché tak, že se návod několikrát opakuje. Počet listů stavu použitých pro navlečení osnovy není libovolný, ale vždy musí být násobkem základní střídy vazby.

Každé navlékání se skládá :

- z přípravy listů
- z přípravy navlékání
- z vlastního navlékání

Výroba tkanin určených pro papírenská síta se vyznačuje velkou rozmanitostí hustot a šířek, takže se málokdy stane, že na témže stavu se po sobě opakují takové výrobní série, které by měly přibližně stejný počet osnovních nití. Proto téměř každému navlékání předchází příprava listů. Před započítím navlékání určité osnovy je třeba zkontrolovat, zda má každý list potřebný počet nitěnek. Ten se zjistí z předpisu osnovy podle počtu vlasců obsažených v osnově nebo vynásobením osnovní dostavy šířkou osnovy. Na každou osnovní niť připadá jedna nitěnka.

Po nasazení kotoučů na osnovní válec nebo po skončení snování se provede tzv. přetažení osnovy. Svázané konce jednotlivých pásů snování se uvolní od návínu a připevní se k válečkům. Tkalcovský kříž vytvořený na jednotlivých pásích osnovy se převede na celou šířku tím, že mezerou mezi horní a spodní polovinou osnov se ze strany prostrčí tzv. činky. Jsou to dvě ploché tyče, které přesahují šířku osnovy na každé straně asi o 10 cm.

Pracovník postupně do listů odebírá osnovní nitě z tkalcovského kříže a provléká je otvory nitěnek správného listu. Obvykle se navléká tzv. „*hladkým*“ návodem, tj. 1. osnovu do 1. listu, 2. osnovu do 2. listu a tak se postupuje směrem k poslednímu listu brda. Další osnova se navléká opět do 1. listu. U sít syntetických s velkou osnovní dostavou prochází jednou mezerou paprsku více osnov.

Nitěnky jednotlivých listů do kterých je osnovní nit navlékána jsou podle různých průměrů nitě buďto ploché pro menší průměry vlasce nebo drátěné pro větší průměry vlasců. Po navedení všech osnovních nití na tkací stroj by se měla na každou osnovní nit nasadit lamela, která zastaví stroj pokud se osnovní nit přetrhne. Lamela, která je z vodivého materiálu, při přetrhu nitě klesne a dotkne se tzv. plátku, který je také vodivý. Při dotyku lamely s tímto plátkem se sepne elektrický obvod, který dá impuls k zastavení stroje. Protože nasazování je velice pracná záležitost dávají se lamely jen na okrajové osnovní nitě. Tomuto zabezpečovacímu zařízení se říká osnovní zarážka.

#### **3.2.4 Navíjení útku**

Útek je obdobně jako osnova dodáván již na cívkách z kterých se posléze už rovnou převijí útek do podavače, který předává útek chapači (člunku). Útek, který je vnášen do prošlupu člunkem, je z různého materiálu, rozměrů a vlastností.

#### **3.2.5 Seřízení stavu**

Seřizováním se rozumí nastavení nejvhodnějších parametrů pro práci jednotlivých ústrojí stavu. Všechny mechanismy stavu se musí seřídít tak, aby tkanina vznikala z optimálních podmínek. Provedení jednotlivých ústrojí stavu je rozmanité na různých typech a seřizování jednotlivých mechanismů dále popisovaných se velmi liší. Seřízení stavu se skládá ze zatknání začátku osnovy a vytvoření tkaniny, nastavení všech příslušných mechanismů stavu na požadované parametry a nastavení odzkoušení kontrolních ústrojí. Základní podmínkou je, že osy válců stavu (osnovního, vzpěrného, prsního a zbožového) i všechny listy v kterékoli výšce musí být rovnoběžné a vodorovné. Dále dochází k seřízení otevírání prošlupu a tkací roviny, k seřízení prohozu, člunečnicků, seřízení zatknání útku ke tkanině, seřízení útkové dostavy (tedy



seřízení krokových motorů ovládajícími natáčení osnovního a zbožího válce). Dále dochází k seřízení zarážek (osnovní, útková, člunková), k seřízení napnutí osnovy a tkaniny.

### 3.2.6 Tkaní

Tkací stavy na papírenská síta pracují podle principu mechanického textilního stavu, který je znám od druhé poloviny 18. století. Mají však některé odlišnosti, které vyplývají z nutnosti zpracovávat podstatně tužší a neohebnější materiály než jsou vlákna např. přírodní. Pro papírenská síta je jednou ze základních vlastností rovnoměrnost, plošná rovinnost a i pevnost tkaniny. Naprosto nepodstatné z funkčního hlediska jsou vzhledové efekty tkaniny vytvářené barevností a různým materiálem nebo její vazbou. Syntetické tkaniny se vyrábějí buď na stavech určených pro tkaniny kovové nebo na stavech speciálně konstruovaných pro syntetické materiály. Každý z těchto dvou představitelů má některé výhody, ale i nevýhody. Na stavech původně určených pro kovové tkaniny se lépe vyrábějí hrubé tkaniny ze silných monofilů v nejjednodušším vazbách jednovrstevném provedení. Na stavech konstruovaných pro syntetické materiály je větší možnost volby vazeb v provedení jedno i vícevrstevném, ale především jsou určeny pro jemnější síta ze slabších monofilů nebo i multifilů. Stavy na výrobu sít mají především robustní konstrukci, která musí zachycovat velká namáhání při tkaní a zajišťuje stejnoměrné provedení tkaniny. Stavy na síta pracují s podstatně menším počtem prohozů za minutu než obvyklé stavy, což je dáno především pracovní šíří stavu, která je v případě tkaní papírenských sít až 9,5m (obr.8). Tkací stavy pro výrobu papírenských sít jsou člunkového typu.



Obr.8 Tkací stav Jäger HP 200(1984), max.tkací šířka 9,75m

Každá tkanina se sestává ze dvou systémů vzájemně se provazujících nití – osnovy a útku. Osnova je navinuta na osnovním válci uloženém v zadní části stavu. Přes vzpěrný válec se přivádí do tkací roviny, podle tkalcovského kříže se rozděluje činky, prochází brdem a jako hotová tkanina přes prsní válec se navinuje na válec zbožový. Podle předepsané vazby se osnovní vlasce rozestupují a vytvářejí prošlup, aby mohl proběhnout člunek s útkem. Ty osnovní nitě, které leží nad prohozeným útkem, vytvoří osnovní vazný bod, ty které leží pod prohozeným útkem, vytvoří útkový vazný bod (obr.17). Ústrojí tkacího stavu nutná ke vzniku tkaniny se mohou rozdělit do 3 základních skupin:

- ústrojí k pohybu osnovy
- ústrojí k zatčení útku
- ústrojí zabezpečovací

Osnova se pohybuje dvěma směry - od osnovního válce ke zbožovému a ve směru svislém (při vytvoření prošlupu). Základní ústrojí

- osnovní regulátor
- zbožový regulátor
- prošlupní ústrojí

Podávání osnovy a nabalování tkaniny zajišťují regulátory. Tvoření správného prošlupu a stejnoměrné tkaniny vyžaduje, aby osnova i tkanina byly přiměřeně napnuty. Velikost napnutí se řídí především vazbou tkaniny, poměrem průměrů nití osnov a útku a útkovou dostavou. Napínací ústrojí však musí být provedeno tak, aby umožňovalo i pravidelné uvolňování osnovy a nabalování tkaniny, tedy pootáčení válce osnovního i zbožového. Popouštění osnovy je tedy v úzké souvislosti s nabalováním tkaniny. Ústrojí, která řídí pootáčení osnovního a zbožového válce se nazývají regulátory. Jejím hlavním úkolem je pravidelně posouvat osnovu a hotovou tkaninu a udržovat za všech podmínek jejich stejnoměrné napnutí.

Zanášením útku do prošlupu osnovy a jeho přiřazením se tvoří tkanina, která se musí odvádět a nabalovat na zbožový válec. Bidlo stavu vykyvuje do stále stejné přední krajní polohy a tedy po každém zatčeném útku se musí tkanina posunout o jednu útkovou rozteč. Regulátory, ať už zbožové nebo osnovní mají regulaci pomocí krokových motorů (obr.9) , takže mohou být přímo programovatelné pomocí řídicí jednotky. Rovnoměrnost a rovinnost tkaniny vyžaduje, aby při tkaní byla osnova i tkanina napnuta naprosto stejnoměrně.



Obr.9 Osnovní regulátor řízený krokovým motorem

Útek je nutno nejprve prohodit do prošlupu a potom přimáčknout k hotové tkanině.

Mezi ústrojí potřebná k prohozu patří:

- prohozní ústrojí
- ústrojí pohybu bidla
- vlastní bidlo

Aby vznikla ve tkanině vazba, kterou požadujeme, zvednou se před prohozením každého útku ty osnovní nitě, které mají být ve tkanině nad ním a stáhnou se ty, které mají být pod ním. Tím vznikne mezi osnovními nitěmi prostor zvaný prošlup. Protože se při tvoření prošlupu osnova prodlužuje a toto prodloužení roste s druhou odmocninou výšky prošlupu, má být jeho výška co nejmenší, jen taková, aby mohl být napříč dopraven člunek. Stavby na síta pracují v převážné většině s tzv. otevřeným prošlupem, kdy po prohozu útku zůstanou zvednuty ty listy, které mají i při následujícím prohozu provazovat stejně a polohu mění jen ty listy, které budou při následujícím prohozu provazovat opačně. Bidlo tedy přimáčkává útek při otevřeném prošlupu. U strojů používaných ve firmě Sítos a.s. se prošlupní ústrojí skládá z brda a mechanismů, které brdo ovládají. Zvedání listů zde není zajištěno prošlupními excentry, ale hydraulickými válci. Ty jsou poháněny hydraulickým vysokovýkonným agregátem, naplněným pracovním olejem, který zvedá přes různé převody brdo a listy. Přesněji čerpadlo hnané tímto agregátem dopravuje olej z nádrže přes ventil do zásobníku a dále potom do

hydraulického válce. Při vniknutí oleje do spodní poloviny válce se zdvihne přes táhlo samotný list.

Hydraulicky ovládané brdo má především tyto výhody:

- umožňuje použití složitých vazeb tkanin jedno i vícevrstevných
- umožňuje rychlou přeměnu vazeb

U brda listu a jeho složení se klade velký důraz na jejich malou hmotnost při co největší tuhosti a na možnost seřizovatelnosti výšky zavěšení. Každý list je ovládán jedním hydraulickým válcem, který je dvojčinný. Pořadí výměny listů je ovládáno programovacím spínacím krokovým ústrojím, které je umístěno v hlavní řídicí skříní stroje. Rychlost pohybu listů je plynule regulovatelná. Musí být také zajištěno tlumení pohybu provozního ramene na konci prohozu, používá se hydraulický tlumič.

Tkací stavy firmy Jäger používané firmou Sítos a.s. jsou sice člunkové, ale mají i prvky skřípcového tkacího stavu. Především podávací ústrojí, které je umístěno na obou stranách tkacího stroje podává útek tzv. chapači, který zanáší útek přes celou šíři stroje, následně je útek odstřížen, proces se opakuje, ale z opačné strany stroje. Musí zde tedy fungovat vzájemná součinnost podávacího ústrojí, tj. hlavně mechanismus podavače, nůžek, vyhazovače útku a mechanismus sevření útku. Podávací ústrojí a samotné podávání útku chapači určuje tkacímu stavu jako celku, název skřípcový, nicméně chapač ač to není klasický člunek, tak se mu tvarem velice podobá. Proto budu dále používat název člunkový, který je používán a je vžitý již od zakoupení těchto strojů firmou Sítos a.s.

I když se pro tkaní nepoužívá klasický člunek, ale chapač (dále člunek), pojmenování člunečníku a všech jeho částí zůstává stejné jako u klasického stavu. Protože se pohybuje po podlaze, která je prakticky v klidu a útek je napínán ve směru podélné osy člunku, není vychylován ze své přímkové dráhy a nemusí být pro zlepšování stability přitlačován k paprsku. Výhodou tohoto člunku je, že sevření člunku se před prohozem uvolňuje. Proti provoznímu impulzu nepůsobí brzdění člunku sevřením, ale pouze síla tlačné pružiny vracející píst, která je seřizena na minimální hodnotu.

Zabezpečovací ústrojí má zabránit poškození stavu nebo tkaniny pomocí zarážek – osnovní, útkové, člunkové. Osnovní zarážka kontroluje přetrh nebo přílišné uvolnění osnovních nití. Útková zarážka využívá triboelektrického principu, třením pohybujícího

se útku o povrch keramického válečku vzniká náboj, který se snímá a je dále signálem pro elektronickou část. Pokud se útek přetrhne, tak se změní velikost náboje, stav se zastaví. Chapačová zarážka kontroluje doběh chapače pomocí elektromagnetického čidla. Pokud po nutnou dobu nespojí proudový okruh, stav se zastaví.

Při vzájemném provazování osnovy a útku na stavu vzniká tkanina. Při průběhu tkaní se sleduje především chod jednotlivých částí stavu, především regulátorů, prohozního a prošlupního ústrojí a kontroluje se jejich správný chod. Jak bylo již výše uvedeno osnovní nitě, které jsou navedeny do listů a třtin paprsku, udávají téměř stejnou šířku i výsledné tkaniny. Při formování tkaniny se však útek prohýbá kolem osnovních nití a tak tkaninu stahuje. Zúžení je větší při méně pružném a více napjatém útku nebo při tkaní s vyšším napětím osnovy. Zúžení tkaniny oproti šířce návodu osnovy do paprsku velmi namáhá třením osnovní nitě na obou krajích, a proto zde často dochází k přetrhům. Úkolem čelistových rozpínek, používaných na tkacích stavech Jäger, je udržet tkaninu ve směru šířky tak napjatou, aby při přírazu paprsku okrajové osnovní nitě nevybočovaly ze svého přímého směru.

Aby útek dostatečně byl napjat při celém procesu tkaní, tvoří se na krajích asi deset centimetrů od tkaniny samotného síta, ještě jedna pomocná tkanina, která má nezávisle na sobě vlastní soustavu osnovních nití a i listy jsou nezávislé na pohonu hlavních listů. Tvoří se zde většinou velmi hustá pevná plátňová vazba, která zajišťuje pevné zachycení a zajištění útku a tím i šířku výsledné tkaniny.

Při tkaní syntetických materiálů se konce útku a zbytek pomocné tkaniny upalují rozžhaveným odporovým drátem, který je připevněn přímo na tkacím stroji. Konce útku se zataví a při správné funkci zařízení vzniká úhledný a pevný kraj tkaniny. Jakmile je utkána předepsaná délka tkaniny, vytočí se pás tkaniny ze zbožího válce na vyjímací válec a převezí se na mezioperační kontrolu.

### **3.2.7 Mezioperační kontrola**

Účelem mezioperační kontroly je zkontrolovat tkaninu, která je poprvé bez nutného napnutí na tkalcovském stavu. Prohlédnou a vyhodnotí se tkalcovské chyby. Rozvine se

celý pás tkaniny, navine se a nasadí vertikálně mezi sadu válců tak, aby síto bylo dostatečně napnuté. Dále je prosvíceno a kontrolují se všechny závady, které vznikly při tkaní a jsou zaznamenány na průvodce síta. Zde se rovněž rozhoduje o způsobu opravy závad nebo použití tkaniny. Kontrolují se všechny opravy a chyby na tkanině (vyvázané vlasce ze tkaniny, chyby ve vazbě, povrch tkaniny, prasklý útek, nečistoty na tkanině apod.), které jsou zaznamenány a rozhoduje se o jejich opravitelnosti. Pokud se zjistí nezaznamenaná závada, musí se prošetřit všechny příčiny. Po skončení kontroly se tkanina navine na vhodný válec a postupuje se dále na tepelnou fixaci.

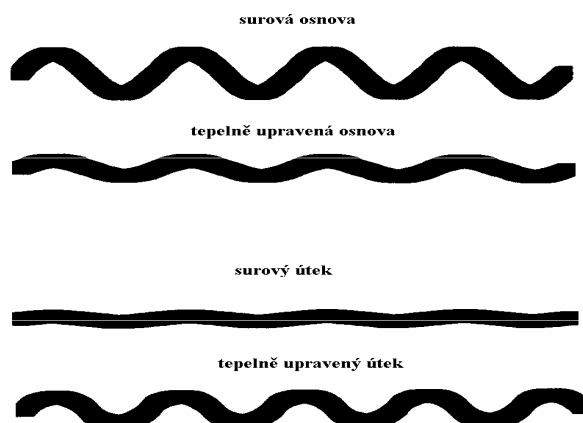
### **3.2.8 Tepelná fixace**

Tepelnou fixací se při násilném prodlužování a příčném smršťování pásu tkaniny změní struktura tkaniny. Tepelná fixace má dva různé úkoly a provádí se různými postupy:

- a) stabilizují se rozměry tkaniny (vnější – délka a šířka a vnitřní – dostavy, rozteče apod.) a zlepšuje se její plošná rovinnost
- b) struktura tkaniny se přetváří (tj. vzájemná poloha osnovy a útku), mění se rozměry tkaniny a zvyšuje se její odolnost proti prodlužování a oděru, současně se zlepšuje její plošná rovinnost

Podélné vlasce se téměř narovnají a příčné se maximálně zvlíní, takže tvoří oba povrchy tkaniny (obr.10). Síto má tím delší životnost, protože se odírají příčné útky, které nejsou nijak mechanicky namáhány a podélné napnuté osnovy jsou velmi dlouho chráněny před opotřebením a zeslabováním. Fixací dosáhneme i vydloužení podélných vlasců, takže tkanina se za provozu vydlužuje podstatně méně. Struktura podélných makromolekulárních řetězců monofilu dává odlišnou odolnost proti oděru v různých směrech, v podélném směru se vlasec narušuje daleko snadněji a odírá se v dlouhých tenkých částicích (defibrilace), tedy ve směru kolmém jeho podélné ose je nit daleko odolnější vůči oděru. Tkanina bude po tepelné fixaci velmi odolná proti

prodlužování, podélné vlasce budou na spodní straně chráněny proti oděru tak dlouho, až příčné útky budou zeslabeny natolik, že tkanina úplně ztratí úhlopříčnou tuhost.



Obr.10 Přenos zvlnění během tepelné úpravy

Nevýhodou této metody může být to, že síťová strana papíru nebude ideální, vše by bylo totiž podřízeno odolnosti proti oděru útkového materiálu. Proto je snahou dosáhnout případu, kdy oděr podélných osnov začne v okamžiku, kdy zbývá ještě polovina tloušťky příčných útků, popřípadě třetina apod. Zvýší se tím velikost povrchu odíraných částí síta, oděr se rozloží na větší plochu, což zabraňuje rychlému opotřebení síta. Zlepší se tím i úhlopříčná tuhost a rovněž síťová strana papíru je rovnoměrnější.

U syntetických monofilů je větší podíl pružné (elastické) deformace v poměru k trvalé (plastické) deformaci. Monofilová tkanina má daleko větší snahu svinovat se lící stranou při tkaní dovnitř a toto zmizí teprve po tepelné stabilizaci tkaniny. Tkanina se rovněž smršťuje v šířce. Závislost srážení tkaniny na čase je stejná jako pokles pružného prodloužení při tahové zatěžování a uvolnění monofilu. Úkolem je především rozměrové ustálení tkaniny, tkanina je namáhána na tah, ohyb i tlak, musí být proto rozměrově stálá, především v diagonálním směru. Jsou dva základní způsoby jak se tepelné zpracování provádí, buď bezkontaktním způsobem (infrazářiči), který používá právě firma Sítos a.s., nebo kontaktním způsobem (válci vyhřívanými přehřátou parou nebo horkým olejem). Tepelná úprava horkým vzduchem je relativně rychlejší, ale přenos tepla zářením má tu výhodu, že záření, proniká do celé struktury jednotlivých monofilů a neohřívá jen povrch syntetické tkaniny. Proto je tato metoda používána firmou Sítos a.s. i když konkurenční firmy tuto metodu nepoužívají.

Nicméně ve firmě Sítos a.s. jsou dvě fixační zařízení (Jäger a Alfsen), která zahřívají tkaninu různými způsoby. Na zařízení Jäger (sálání zářičů proti tkanině) se fixuje především surová tkanina, která přišla z meziperační kontroly a opravná fixace při dohotovení nekonečných sít se na něm provádí jen výjimečně. Na zařízení Alfsen (profukování horkého vzduchu tkaninou) se především dohotovují (případně podruhé fixují) již spojená nekonečná síta a první fixace se tam provádí jen ve výjimečných případech.

Přenos tepla zářením zajišťující ohřev tkaniny se děje za pomoci elektrických infrazářičů, které má několik sekcí.

Fixační zařízení se skládá z následujících částí:

- horní fixační komory
- dolní fixační komory
- pojížděcího ústrojí komory
- zařízení pro držení krajů tkaniny
- ovládacího a měřicího ústrojí a regulačních prvků
- 

Teplo z vyhřívacího zařízení působí na tkaninu (až cca 135 x 9,1 m), která se pomalu pod ním posouvá. Při tepelné fixaci se může nastavit konstantní napínací síla (až 400000 N) a prodlužování tkaniny je jí podřízeno nebo konstantní prodlužování za jednotku času, které je nezávislé na okamžitém napnutí. Tepelná fixace může být oboustranná, vyhřívá horní i dolní fixační komora nebo jen jednostranná, že vyhřívá pouze horní fixační komora. Pojížděcí ústrojí slouží k přemísťování fixačních komor. Pojíždění zajišťují elektromotory po zvláštní kolejové dráze. Zařízení pro držení krajů slouží k vedení okrajů fixované tkaniny a umožňuje přenos sil v příčném směru.

Postup tepelné fixace se skládá z:

- ustavení zařízení do pracovní polohy
- nasazení síta
- vlastní fixace
- sejmutí síta

Při vlastní fixaci musí být dodrženy parametry jako je fixační teplota (až 250 °C) rychlost posuvu síta (0,1 – 20 m/min), počet oběhů síta, podélné napnutí tkaniny, příčné smršťování tkaniny. Pro každý typ tkaniny jsou vypracovány vzorové postupy fixace, které je třeba dodržet. Průběh fixace, změna jednotlivých veličin a jejich řízení jsou plně



automatickým integrovaným počítačovým systémem. Informace o jednotlivých sledovaných veličinách jsou na obrazovce. Po skončení fixace se musí intenzivně chladit fixační prostor a kraje tkaniny se uvolní z rozpínacího zařízení. Rovnoměrnost tepelné fixace závisí ve velké míře na rychlosti a rovnoměrnosti ochlazování tkaniny po výstupu z fixační komory. Zvláště při nízké venkovní teplotě je třeba, co nejvíce bránit nežádoucímu proudění studeného vzduchu, který navíc neochlazuje tkaninu po celé šířce stejnoměrně. Neméně důležitou roli hraje také, aby tkanina měla barvu po celém jejím povrchu stejnou, jinak může dojít k nerovnoměrnému tepelnému zafixování, což je možnou nevýhodou těchto infrazářičů.

### **3.2.9 Měření délky**

Teprve tepelně upravený pás tkaniny se naměří na předepsanou délku. Měření se provádí se tak, že tkanina se rozvine na upravenou hladkou plochu a podle požadavků se mechanickými nůžkami nastříhá na určenou délku, navine se na dva válce a převezde se ke spojování. Předtím než se hotové utkané síto doveze ke spojování, měla by se tkanina nechat odležet (ideální jsou přibližně dva týdny) a nechat čas tzv. relaxovaným stavům, kdy se struktura tkaniny jak po mechanickém (tkaní) tak i chemickém (tepelném) stránce mění. Po tuto dobu se uvolňují a povolují síly vzniklé násilným procesem tkání a tepelné fixace, pomalu se tak tkanina ustaluje do své konečné podoby.

### **3.2.10 Spojování**

Spoje papírenských sít se rozdělují v zásadě na tkané nebo rozebíratelné. Podle způsobu použití jsou spoje, které vytváří ze síta nekonečný pás, již u výrobce a tzv. rozebíratelné, kde oba konce síta jsou připravené pro spojení až po nasazení na papírenský stroj. Většina papírenských formovacích sít se spojuje do nekonečného pásu. Spoj síta musí být pevný a co nejméně znatelný, nesmí být tedy porušena pravidelnost vazby. Spojování formovacích sít syntetických se zásadně liší od spojování vysoušecích nebo technických filtračních sít. Spoj formovacího síta musí být dostatečně pevný a při vytváření pásu papíru nesmí značkovat, tedy má stejnou filtrační a zachycovací schopnost jako ostatní tkanina. Musí docházet ve všech částech nekonečného síta celoplošně stejné propustnosti a retenci papíroviny, není proto možné, aby spoj měl

zcela jiné vlastnosti. Provádí se na poloautomatických žakárských strojích Unijack nebo Dracup obr.11 , kdy jsou útky vypárány z konců sít. Stroj je opatřen nitěnkami, do kterých se navádí útky a mezi ně je pracně zatkávána osnova. Je to velice pomalá a citlivá práce, kterou provádí především ženy.



Obr.11 Žakárský stroj Unijack pro výrobu tkaného spoje formovacích sít

Firma vlastní i automatický stroj WIS na tkané spoje obr.12, do kterého je třeba navést potřebné útky a stroj už zatkává osnovy sám. Spojování následuje v převážné většině po tepelné fixaci, protože vlasce mají po tepelné fixaci zvlnění, jsou stabilní a ztrácejí pružnost, takže se nenatahují při zatkávání a lépe se tvoří spoj. Vyjimkou jsou jen tzv. syntetická síta srážecí, která tepelnou fixaci podstupují jen na koncích síta v oblasti spoje, aby se spoj mohl bez problémů utkat.



Obr.12 Automatický stroj WIS na tkané spoje

### 3.2.11 Dohotovení

Měření, určení šíře síta, popřípadě druhá tepelná fixace je souhrnně nazýváno jako dohotovení síta. Po spojování se již nekonečné síto tkané nebo rozebíratelné opět napne na soustavu dvou válců a znovu se kontrolují případné závady na sítech. Především se kontroluje kvalita spoje, která se také dodatečně fixuje a přejíždí ručním zařízením podobný žehliče. Pokud se zjistí nedokonalé zafixování, tkanina je např. v některých oblastech zvlněná, na síti jsou podélné vlny nebo výrazně nestejná délka krajů musí se síto ještě jednou fixovat na fixačním stroji Alfsen. Síto pomocí hnaných válců přejíždí přes oblast se zvýšenou teplotou, resp. přes fixační komoru, kde médiem je horký vzduch a dodatečně se tak fixuje. Pokud je síto řádně zkontrolované, musí se podle požadavků zastříhnout na danou šíři. Účelem je buď úprava pro zvýšení odolnosti proti mechanickému odření okrajů a následnému páráni krajních osnovních monofilů, nebo úprava pro zvýšení odolnosti síta za provozu.

Pokud se provádějí obě tyto úpravy, pak se obvykle nejprve vydlužují kraje a pak se teprve zpevňují. Pouze ultrazvukovému řezání může předcházet vydlužování.

Při měření sít se musí dodržovat některé zásady:

- monofilová syntetická síta se před spojováním stříhají o 10 cm širší než udává objednávka
- tkaný spoj syntetických sít je velmi pracný a proto jeho přípravě musí být věnována mimořádná péče, aby se riziko neúspěšného spojování snížilo na nejmenší míru

U některých sít se provádí tzv. broušení sít. Používá se pouze u plastových a kovových sít nekonečných ke zvýšení hladkosti lící strany papírenských sít. Provádí se jen, je-li požadováno zákazníkem. Operace je součástí dohotovení sít, většinou jako poslední před sejmutím a zavinutím síta.

### 3.2.12 Výstupní kontrola sít

Dohotovení a výstupní kontrola sít probíhají současně a vzájemně se prolínají. Účelem dohotovení je provést konečné úpravy na výrobku. Účelem výstupní kontroly síta je změření a kontrola parametrů. Operace se provádí na čistém a uklizeném parketu, kde se síto nemůže poškodit nebo znečistit. K čištění se používají látky, které nenarušují materiál síta. Po celkovém zhodnocení (měření dostav, měření napnutí síta, měření prodyšnosti, kontrola spoje) se síta dopravují v dřevěných bednách (obr.13), papírových dutinkách nebo kartónových obalech. Síto navine na tři válce, svitek se zajistí proti uvolnění a zabalený v papíru se uloží do bedny, ve které se expeduje. Volné prostory bedny jsou utěsněny dřevitou nebo papírovou vlnou.



Obr.13 Dřevěná bedna s uloženým sítem k expedici

### 3.2.13 Síta sráživá a síta spirálová

Nutno podotknout, že ve výrobním procesu papírenských sít existují některé odlišnosti, o kterých bude krátké pojednání. Zaměříme se především na tzv. síta spirálová a síta sráživá.

U syntetických sít sráživých, jež se používají jako potahy válců, odpadá celý proces tepelné fixace, v některých případech i proces spojování, který se provádí až přímo na místě, tedy v papírně. Podle provedení spojování, tedy buď síto nekonečné (s tkaným spojem) nebo síto rozebíratelné, odpadají buď dvě výrobní operace přímo ve firmě nebo jen jedna. V obou případech má síto průměr, resp. obvod o několik centimetrů větší, než konstrukce válce. Po natažení na konstrukci se na síto působí vodou o teplotě cca 80 až 90 stupňů nebo párou, čímž se síto srazí a pevně přilne k válcové konstrukci. U sít sráživých s rozebíratelným spojem se musí tedy ještě konce síta spojit.

U sít spirálových je výrobní proces stejný pouze technologie utváření síta je zcela jiná. Záměrně jsem použil termín utváření síta, protože se jedná o zcela odlišnou techniku tvorby produktu, resp. nejedná se zde už o tkaninu, nýbrž textilií spojenou alternativní textilní technikou. Textilie je tvořena na stroji (obr.14), který stáčí jednu soustavu nití do pravotočivých a levotočivých šroubovic, jejichž závitů jsou stlačeny do oválných článků, vsunuty do sebe a spojeny provléknutím rovných monofilů do libovolně plošných útvarů. Tato síta se používají ve vysoušecí části papírenského stroje, podle různě požadované míry prodyšnosti, se může opatřit tato textilie i dalšími textilními výplněmi.



Obr.14 Stroj na výrobu spirálových sít

## 4 Struktura a geometrie tkaniny

Strukturu tkaniny lze posuzovat z hlediska plošné nebo prostorové geometrie [8]. Plošná geometrie tkaniny je určena vazbou, materiálem, dostavou apod. Tkanina je těmito parametry definována jen zčásti. Závažnou roli hraje prostorová geometrie tkaniny, jejímž hlavním parametrem je zvlnění osnovy a útku ve vazné buňce tkaniny, tj. jedno zakřížení osnovy a útku v půdorysném pohledu. Pro popis a představu prostorové geometrie tkaniny je proto důležitý příčný a podélný řez tkaniny. Strukturou tkaniny jsou velmi značně ovlivněny následující vlastnosti:

- podélná pružnost,
- setkání nití,
- zaplnění a zakrytí tkaniny,
- hmotnost tkaniny.

V neposlední řadě závisí na struktuře tkaniny i setkatelnost vyšších dostav i sám průběh tkacího procesu.

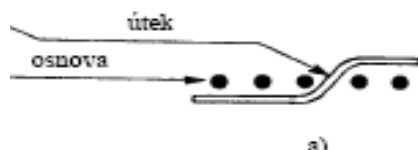
### 4.1 Řez tkaninou

Vazba odvodňovací síta mají na vlastnosti konečného listu papíru větší vliv než například vysoušecí síta. Tvorba povrchu tkaniny a výroba odvodňovacího síta proto vyžaduje pečlivé studium. Nakreslí se nejprve řez tkaninou a určí se vazba jak má útek provázovat. Řez tkaninou je jedním ze způsobů znázornění provázání tkaniny. Rozlišujeme podélný a příčný řez. Podélný řez vedeme ve směru osnovní nitě jako nepřerušované čáry (obr.15).



Obr.15 podélný řez

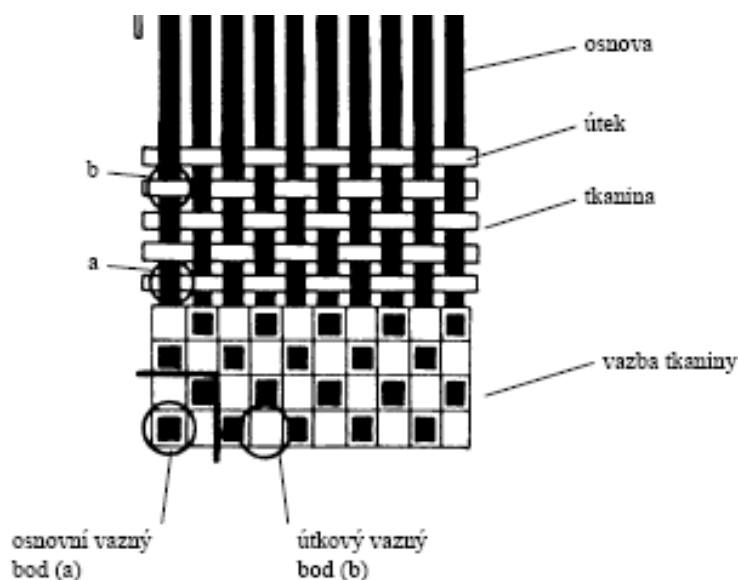
Příčný řez vedeme ve směru útkových nití. Osnovní nitě zobrazujeme jako kroužky, útkové nitě jako nepřerušované čáry (obr.16). Při víceútkových nebo víceosnovních soustavách nití v téže tkanině rozlišujeme jednotlivé soustavy barevně.



Obr.16 Příčný řez

## 4.2 Vazba tkaniny

Tkanina je plošná textilie vyrobena z jedné nebo více soustav podélných (osnovních) nití a z jedné nebo více soustav příčných (útkových) nití, provázaných vzájemně v kolmém směru (obr.17). Podélná soustava nití (probíhá po délce tkaniny) se nazývá osnova a druhá příčná soustava nití útek [3]. Vazní bod je každé překřížení osnovní a útkové nitě a je buď osnovní, nebo útkový podle toho, která z nití těchto dvou soustav je nahoře. Na vzornici zakreslujeme osnovní vazní body, útkové vynecháváme. Potom střídou vazby je nejmenší část vazby, která se pravidelně opakuje v celé ploše tkaniny a můžou mít tvar čtverce nebo obdélníku.



Obr.17 Schéma provázání tkaniny

### Střída vazby

je provázání určitého počtu osnovních a útkových nití, které se ve tkanině pravidelně opakují.



Mezi základní vazby tkaniny patří vazba plátňová, keprová a atlasová [3].

#### Plátňová vazba

- je nejjednodušší a zároveň nejpevnější oboustranná vazba s nejhustším provázáním. Střidu vazby tvoří dvě příze osnovní a dvě útkové. Typické je pravidelné střídání osnovních a útkových vazných bodů.

#### Keprová vazba

- je charakteristická šikmým řádkováním, levého nebo pravého směru, které je zapříčiněno tím, že každá následující nit váže s následujícím útkem. Pravý směr řádkování se značí písmenem Z nebo, levý písmenem S nebo, nejmenší střída vazby je tři osnovní a tři útkové příze.

#### Atlasová vazba

- se vyznačuje pravidelně rozloženými vaznými body, které se nesmějí vzájemně dotýkat. Vzdálenost vazných bodů se stanovuje pomocí postupného čísla, které udává, kolikátá další osnovní nit tvoří na následujícím útku osnovní vazný bod. Na každé osnovní nití a na každém útku ve střídě vazby je vždy jen jeden odlišný vazný bod. Nejmenší střída vazby je pět osnovních a pět útkových přízí.

Vedle základních vazeb existuje i celá řada vazeb odvozených a složených [3].

Mezi odvozeniny plátňové vazby patří vazba rypsová a panamová

Mezi odvozeniny keprové vazby patří např. kepr zesílený, víceřádkový, hrotový, křížový, vlnitý...

Mezi odvozeniny atlasové vazby patří např. atlas nepravidelný, smíšený, zesílený, stínovaný...

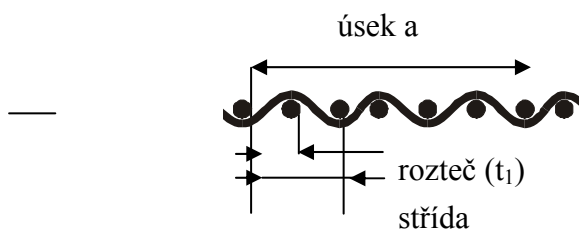
Pro formovací síta jsou v současnosti důležité složitější vazby, tzv. víceútkové a vícenásobné vazby, které tvoří nad sebou více vrstev útků a osnov. Vysvětlení vzniku a zásad pro vytvoření střidy vazby těchto složitých (vlastně třírozměrných) vazeb je dosti složité, proto odkazují na publikaci [3], kde je vše podrobně vysvětleno.

### 4.3 Dostava osnovy a útku

Dostavou tkaniny rozumíme průměrný počet nití na jednotku délky, dostavu určujeme na 1 nebo 10 cm. Osnovní dostava  $K_1$  (1/cm) je počet osnov na jednotku délky (v tomto případě na centimetr).

$$\frac{10}{K_1} = t_1 = d_1 + m_1 \quad (1)$$

Dostavu tkaniny je možné stanovit několika způsoby, které jsou různě přesné, ale také různě časové náročné. Zjišťujeme ji nejméně ze tří měření a to tak, že pro zjištění počtu vlásců použijeme textilní lupou se stupnicí výřezu po 0,1 mm nebo pomocí posuvného měřítka anebo ze zastřiženého úseku tkaniny postupně pářeme jednotlivé osnovní nitě a zjišťujeme jejich počet. Textilní tkalcovskou lupou se stupnicí výřezu po 0,1 mm se odečítá přesná délka  $l$  na které je celý počet roztečí. Tento způsob se používá pro menší dostavy (do 10/cm) viz obr.18.

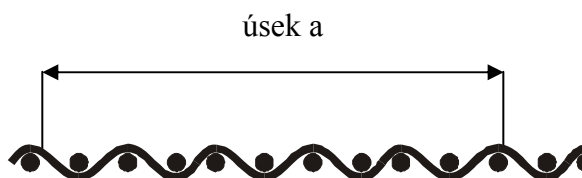


Obr.18 měření dostavy textilní lupou

Nebo použijeme měření pomocí posuvného měřítka, kde se spočítají vlákna na úseku  $a$  (mm) přesně změřeném digitálním posuvným měřidlem. Čím je určený úsek „ $a$ “ delší (obr.19), tím je stanovení dostavy přesnější. Rovněž čím je dostava větší, tím je větší předpoklad, že rovina střihu je na obou koncích uprostřed mezery. Výpočtem (přímou úměrou) snadno zjistíme počet osnovních nití na 1 cm.

Podle vzorce  $K : 10 = n : a$

$$K = \frac{10 \cdot \text{vlásců}}{a(\text{mm})} \quad (2)$$



Obr.19 Měření úseku rozteče

#### 4.4 Průměr osnovy a útku

Určujeme na profilprojektoru, mikrometrem nebo posuvným měřítkem, pokud známe parametry vlasce porovnáváme ho s katalogovým údajem. Profilprojektor je vlastně mikroskop s měřítkem, měřený vlasec se umístí na pracovní plochu mikroskopu osvítí se, snímá se profil vlasce, jehož průměr se odečte ze stupnice, udáváme ho v mm. Nebo měříme mikrometrem (obvykle digitálním) s přesností na 0,001 mm. Průměry 1 mm a větší se někdy měří mikrometry s přesností na 0,01 mm. Ve stejném místě vlákna se změří průměr ve dvou směrech kolmých na sebe a stanoví se jejich aritmetický průměr jako naměřená hodnota. Toto měření se může provádět na více místech různě vzdálených od sebe, ale pro všechna vlákna musí být podmínky stejné.

#### 4.5 Měření tloušťky tkaniny

Měří se digitálním mikrometrem. Dotykové plošky nesmí být hrotové – zapichují se do tkaniny a zmenšují správnou tloušťku tkaniny, ani nesmí být plošně příliš velké, protože při eventuálním prohnutí tkaniny zvětšují správnou hodnotu. Tloušťku síta je možno měřit jen do malé vzdálenosti od okraje. Na sítěch se měří jen tam, kde zpevňování krajů není řešeno žádnou přídavnou hmotou. Ze tkaniny opotřeбенého síta se musí odstranit všechny částčky, které tkaninu zesilují.

## 4.6 Druh materiálu

V případě formovacích sít se používá zejména PES a PAD popřípadě jejich kombinace, které vycházejí ze jejich dobrých mechanických i chemických vlastností[15]. Pro zjištění materiálu se používá rychlejší spalovací zkouška, popřípadě určení specifické hmotnosti jednotlivých materiálů viz tab.2

Výhody a nevýhody vláken používaných pro formovací síta:

**Polyamid:**        výhody - dobré mechanické vlastnosti

(odolnost vůči opakovanému namáhání)

- vysoká pružnost
- nejvyšší odolnost v oděru
- malá bobtnavost (snadné praní, rychle schne)
- nízká měrná hmotnost
- termoplasticita
- vysoká teplota tání (220°C)

nevýhody - nízký modul, nízká odolnost v krutu

- malá odolnost vůči zvýšeným teplotám
- malá odolnost vůči slunečnímu záření (žloutne)
- vznik statického náboje
- nízká navlhavost

**Polyester:**        výhody - dobré mechanické vlastnosti

- odolnost vůči oděru (ale menší než u PAD)
- termoplasticita
- dobrá termická odolnost (200 °C)
- lépe odolávají slunci než PAD
- rychlé schnutí a snadná údržba

nevýhody - vysoká žmolkovitost

- nízká navlhavost
- nabíjení elektrostatickou elektřinou
- vysoká měrná hmotnost

Polyamid je tedy lepší v oděru a v opakovaných deformacích. Polyester má rychlé elastické zotavení což dává sítu dobré mechanické vlastnosti, např. malé poměrné prodloužení při působící tahové síle (kap.6).

monofil	objemová měrná hmotnost g/cm <sup>3</sup>	chování	
		ve vodě	hoření, pach
PES	1,38	potopí se	hoří s černým kouřem a kyselé páchne
PAD	1,14	potopí se	hoří namodralým plamenem a taví se do kuličky

tab.2 Vlastnosti monofilů PES a PAD při spalovací zkoušce

#### 4.7 Návod do brda

Pro výrobu listové tkaniny je třeba použít nejméně tolik listů, kolik je různě vázajících osnovních nití ve tkanině. V případě, že na jednom listu by byl příliš velký počet nitěnek, použijeme i větší počet listů. Podle pořadí naváděných osnovních nití do jednotlivých listů rozlišujeme různé druhy návodů do listového brda[3]. Budou uvedeny jen dva používané návody do listů, které se používají při výrobě formovacích syntetických sít:

- hladký návod – je nejjednodušší a používáme ho u těch tkanin, kde každá osnovní nit ve střídě vazby má odlišné provázání, první nit navádíme do prvního listu, druhou do druhého atd.
- rozsazený návod – používá se pro vazby, u kterých provazujeme větším počtem listů než je střída vazby nebo u dvou různě použitých osnov (např. u tzv. třívrstvých tkanin)

#### 4.8 Plošná hmotnost

Jemnost plošných textilií se vyjadřuje její hmotností na jednotku plochy.

Plošnou hmotnost stanovíme ze vztahu

$$\text{kde } \rho_s = \frac{m}{S} = \frac{m}{l \times b} \quad [\text{kg.m}^{-2}] \quad (3)$$

$\rho_s$  - plošná hmotnost [ $\text{kg.m}^{-2}$ ]

m - hmotnost odstříhu [kg]

S - plocha odstříhu plošné textilie [ $\text{m}^2$ ]

l - je délka vzorku a b je šířka vzorku [m]

#### Metoda stanovení plošné hmotnosti

Plošnou hmotnost stanovíme gravimetricky [16]:

Z plošné textilie odstříhneme přesně po niti (po sloupku a po řádku) vzorky o rozměrech

100 x 100 mm, tyto zvážíme a hodnoty statisticky zpracujeme. Podle vztahu (3) přepočítáme na hmotnost 1  $\text{m}^2$ . Pokud použijeme váhy elektronické, můžeme získat po zadání plochy odstříhu přímo plošnou hmotnost v  $\text{kg.m}^{-2}$ .

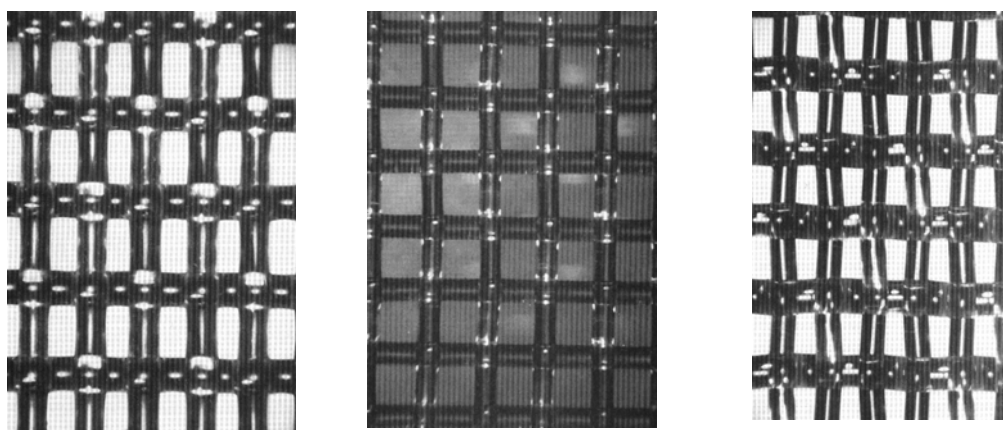
## 5 Vlastnosti a parametry formovacích sít důležitá pro formování papíru

### 5.1 Úvaha o papíru a síti

Povrch formovacího síta má vliv na hladkost listu, charakteristiku retence a celistvost listu, což na druhou stranu ovlivňuje optické a fyzikální vlastnosti listu.

Musíme si uvědomit, že formovací síto je pouze jedním parametrem v procesu tvorby listu. Hmotnost zrna, konzistence, stupeň mletí, pH a dodávka vláken jsou některými z dalších faktorů, které ovlivní konečné vlastnosti listu. Retence jemných částic a plnidel musí být přizpůsobena během formace. Formace listu musí být rovnoměrná. Vyrovnání vláken v různých směrech musí být pečlivě kontrolováno, aby se neobjevily významné rozdíly ve struktuře papíru.

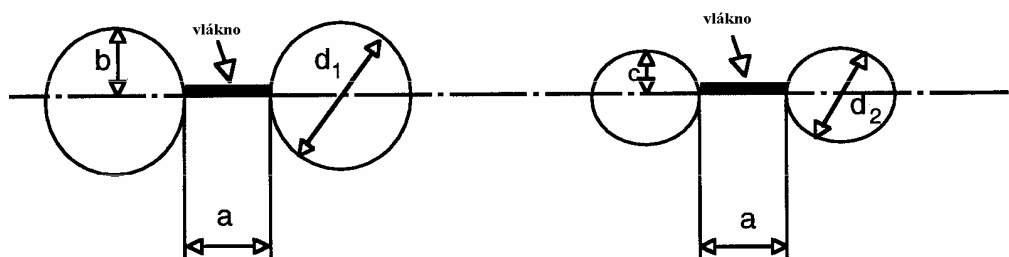
Formace listu je ovlivněna uváznutím dlouhých vláken papíroviny na otevřených plochách mezi jednotlivými vlasci formovacího síta. Toto uváznutí následovně ovlivňuje retenci jemných částic a plnidel, které jsou vázány v listě. Retence po zanesení malých vláken, plnidel a dalších malých částic, samozřejmě stoupá či klesá, což není dobré pro tvorbu rovnoměrného listu papíru. Velikost otvoru síta a tvar ovlivňují charakteristiky listu. Změnou vzoru tkaní, dostavy a vlasců může být dosaženo jiného rozměru otvoru, jak je znázorněno na obr.20. Obecně se optimální uváznutí uskutečňuje přes čtvercové otvory. Toto umožňuje vláknům vzájemně působit a vytvářet mřížku, která na druhou stranu ovlivňuje retenci jemných částic a plnidel.



Obr. 20 Různé velikosti a tvary otvorů (obdélník, čtverec a lichoběžník)

Ve struktuře síta je bodem uváznutí vlákna místo, kde se začíná tvořit vazba vlákno-plnidlo-jemné částečky. Snažíme se o to, aby vlákno mezi vlasce síta se usadilo co nejvíce na povrchu síta. Vlákno by se nemělo usazovat příliš do hloubky síta mezi jednotlivé vlasce. Užitím jemnějších průměrů vlasců a vyšší dostavy při udržení nebo zvýšení procenta otevřené plochy se snižuje hloubka pravděpodobných bodů uváznutí. Toto má za výsledek je zanesení menšího množství celkové hmoty, protože nezasahuje tak hluboko do síta. Tímto menším zanesením síta hmotou zanášky se docílí toho, že list papíru obsahuje správné množství plnidel, vláken a dalších příměsí a získává tak požadovanou tloušťku. Jinými slovy tedy průměr vlasců formovacího síta resp. výška vlasců nad rovinu síta na straně listu síta by měla být menší. Nižší průměr vlasců na straně papíru znamená větší rovnoměrnost a hladší list.

Na obr.21 je  $d_1$  větší než  $d_2$ . Délka vlákna  $a$  je stejná v obou případech, což se rovná vzdálenosti mezi dvěma sousedními vlasce. Jak může být vidět z obrázku, hloubka uvázání vlákna je menší v případě vlasců s menšími průměry, protože  $b$  je větší než  $c$ .



Obr.21 Uváznutí vlákna papíru

Úpravou povrchu síta, tj. redukcí výšky vlasce nad rovinu síta může být dosaženo lepší rovinnosti listu papíru.

Rozdíly v příčném napnutí síta mohou způsobit výstupky a prohlubně objevující se rovnoběžně ve směru stroje ve formovací části papírenského stroje. Protože hmota papíroviny bude mít tendenci vybíhat z výstupků a do prohlubní, výsledkem budou slabší místa díky různému rozložení hmotnosti papíroviny.

Formovací síta mají průměrnou životnost na papírenském stroji od 3 do 6 měsíců. Musíme si uvědomit, že životnost síta závisí na mnoha faktorech včetně instalace. I malé poškození síta během instalace může způsobit, že je síto nepoužitelné a tím je životnost síta nulová. Největším extrémem je, že některá síta, zvláště pak hrubá, mohou běžet na novém moderním papírenském stroji i přes rok. Nesmírná většina sít je



odstraněna kvůli poškození, velmi málo je jich skutečně opotřebováno.

## **Povrch síta**

Jsou zde dvě hlavní zásady o užití formovacích sít: typ papíru a parametry papírenského stroje, jak je popsáno v tab.3. Každý z těchto faktorů je velmi důležitý. Výrobce prvního síta je vyžadován průzkum stroje. Průzkum by měl být pravidelně obnovován.

<b>PAPÍR</b>	<b>PAPÍRENSKÝ STROJ</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- druh papíru, který bude vyráběn</li><li>- typ zanášky (obsah recyklované látky)</li><li>- zohlednění na značení síta</li><li>- typ formace (tlaková nebo rychlostní)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- typ a výrobce</li><li>- velikost (šířka a délka)</li><li>- rozsah rychlostí</li><li>- provozní napnutí</li></ul>

Tab.3 Informace potřebné pro výběr vlastního povrchu síta pro dané použití

## **Druh papíru**

Za prvé, je třeba rozhodnout se pro druh papíru. Na některých strojích je vyráběno více druhů papíru a obecně je vyžadováno, aby na jednom povrchu síta bylo možno vyrábět všechny tyto druhy. Je také nutné vědět, co je dominantním druhem papíru, stejně tak i ten nejnákladnější druh papíru. Síto může být sestrojeno pro výrobu velice kvalitních papírů, stejně tak i zbývajících druhů.

Typ zanášky je důležitý v určení, jak velký rozměr otvoru může být tolerován. Úprava tvrdého dřeva, měkkého dřeva, recyklace a hadroviny stejně tak jako jejich kombinace, velice ovlivňují rozhodnutí o výběru povrchu síta stejně tak i jemnosti síta. Vzhledem k stále rostoucím nákladům na buničinu a trendy vyrábět věci recyklací, je stále více užíváno recyklované zanášky. Pro zanášku obsahující recyklovaný materiál jsou požadovány povrchy sít s jemnější dostavou.

## Výběr vazby formovacího síta

Povrch síta pro papírenský stroj musí brát v úvahu druh, zanášku, uspořádání stroje a provoz. Zanáška a její druh ovlivňují výběr povrchu síta, uspořádání stroje a provoz řídí aktuální charakteristiky odvodnění požadované s parametry povrchu síta jako jsou dostava a průměry vlasce.

Proces výběru povrchu síta zahrnuje dvě hlavní skutečnosti: povrch síta samotný a polohu běhu. V povrchu síta jsou některé nezávislé veličiny, které kontrolují různé závislé parametry jak je znázorněno v tabulce 4. Typ tkaní specifikuje vaznost (plátnové, 4-vazné, 5-vazné, atd.) osnovy a útků stejně tak jako počet vrstev v síti (jednovrstvé, dvouvrstvé, třívrstvé). Jakákoli změna v jedné ze závislých proměnných ovlivní kontrolované parametry. Každá je významná pro svůj vliv na povrch resp.vazbu síta.

Nezávislé parametry	Závislé parametry
Vazba	Otevřená plocha
Dostava	Prodyšnost vzduchu (CFM)
Průměr vlasce	Velikost otvoru
Materiál vlasce	Tvar otvoru
Konstrukce síta	Tloušťka
	Index odvodnění (DI)
	Index podpory vlákna (FSI)

Tab.4 Nezávislé a závislé parametry povrchu síta

Druhá část procesu výběru souvisí s výběrem polohy běhu. Poloha běhu popisuje, zda síto běží s útky příčného směru proti listu papíroviny nebo proti částem stroje, jak je znázorněno dole na obr.22. To znamená jestli útková vazba je na lici (směrem k papíru), tvoří tedy část, kde se usazuje a odvodňuje papírovina nebo jestli je na rubu (směrem k hnacím válcům papírenského stroje). Důležité jsou úvahy o značení síta v určování polohy běhu.

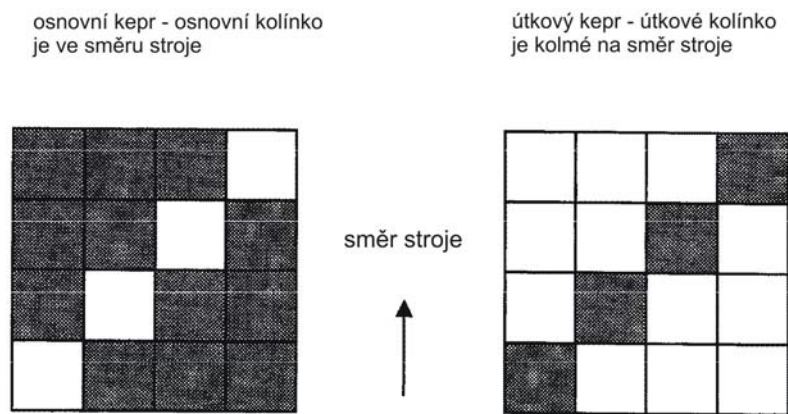
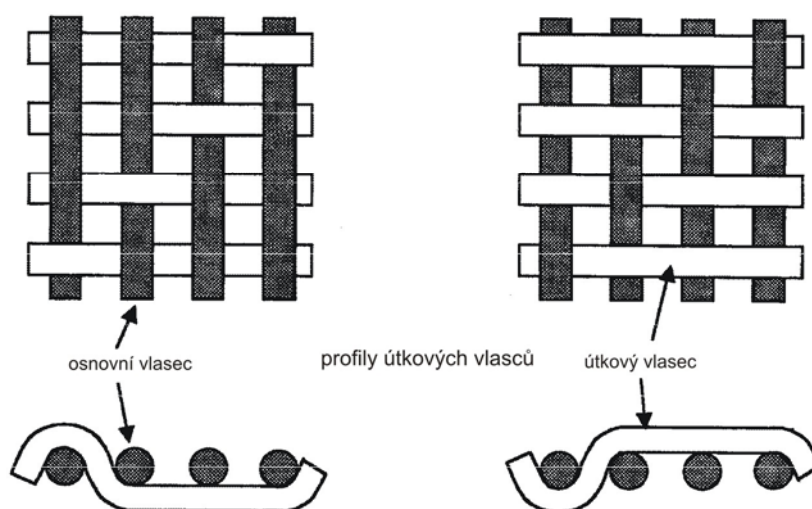


Schéma pohledu shora(strana papíru)



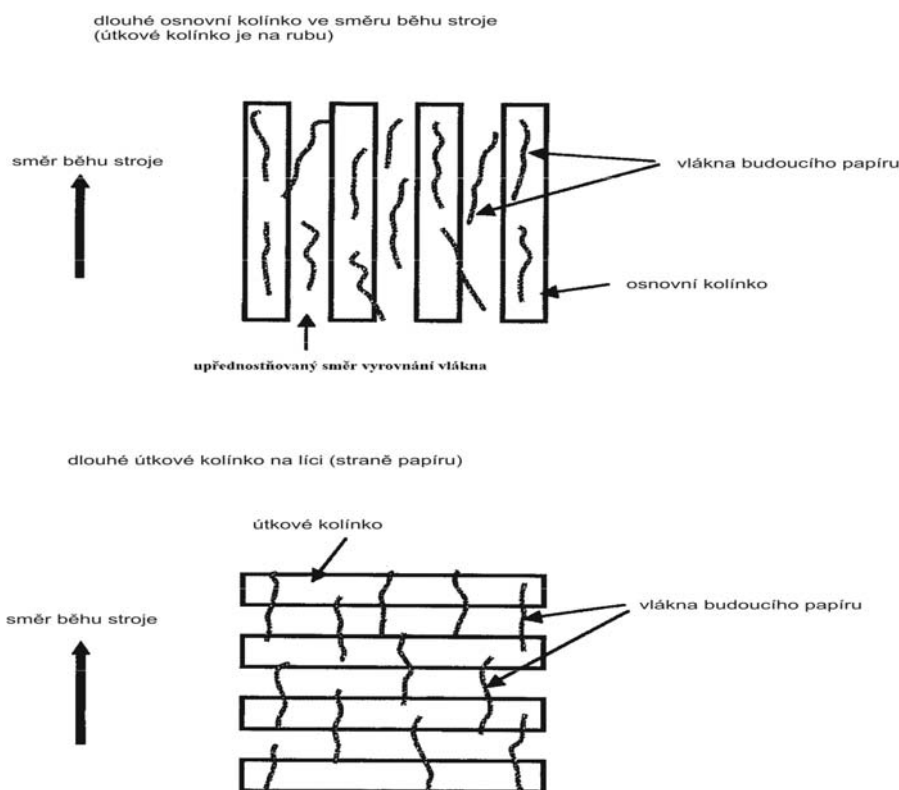
Obr.22 Poloha a provázání příčných útků

Jsou zde výhody a nevýhody běhu ve specifické poloze, jak je uvedeno v tab.5. Výhody specifické polohy běhu jsou obecně nevýhodami pro opačný směr. Typ formace je také v určování polohy běhu síta velmi důležitý.

Výhody	Nevýhody
<p>I. Útková vazba na líci (směrem ke straně papíru)</p> <p>1. Dřívější formace</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dobré oddělení listu</li> <li>- Snadnější odvodnění</li> <li>- Nižší zatížení</li> </ul> <p>2. Lepší spojení vláken</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lepší formace listu díky dobrému propojení vláken</li> </ul>	<p>1. Kratší životnost-</p> <p>2. menší stabilita-díky včasnému opotřebení na osnovních vlascích(u jednovrstvých sít)</p> <p>3. mnohem výraznější značení síta.</p>
<p>II. Útková vazba na rubu (směrem na stranu stroje)</p> <p>1. Lepší odolnost vůči opotřebení, delší životnost</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- více povrchu vlasce proti elementům stroje</li> <li>- neopotřebení osnovních vlasců</li> </ul> <p>2. Lepší stabilita</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- menší potenciál zvlnění okrajů</li> <li>- hladší povrch</li> </ul> <p>3. Méně značení síta</p>	<p>1. Větší zatížení – více povrchu k opotřebení</p> <p>2. horší formace listu díky menšímu ulpívání vláken</p> <p>3. horší oddělení listu – díky listu, který následuje síto.</p> <p>4. Mnohem větší možnost protékání na rubu síta – vlákna přecházejí přes prodloužené otvory</p> <p>5. Složitější čištění</p>

Tab.5 Výhody a nevýhody útkové vazby na líci nebo rubu síta

Vliv provázání útku na podporu vlákna (uváznutí vlákna) a odvodnění jsou znázorněny na obr.23. Dlouhý útek příčného směru na straně listu poskytuje menší vzdálenosti pro vlákna pro uváznutí, což se projevuje ve vyšší podpoře vlákna. V případě, že je dlouhý útek příčného směru dole, vyčnívající osnovní vlasce je na straně papíru, který odpovídá směru toku vody. Je-li delší vyčnívající útek příčného směru nahoře, jsou vlasce kolmé ke směru toku vody. Voda naráží na tyto vlasce a ztrácí svou rychlost a rychleji odvodňuje.



Obr.23 Vliv provázání útku či osnovy na podporu (uváznutí) vlákna papíru

U typů papíru, které potřebují intenzivnější odvodnění anebo u typů s menší hmotností (tissue = toaletní papíry), běží síta obecně tak, že dlouhé osnovní vyčnívající vlasce tedy směru toku vody jsou na spodní části. Toto umožňuje lepší odvodnění a snímání listu. Hlavní nevýhodou formace na dlouhém vyčnívajícím útku příčného směru je, že životnost není tak dlouhá, jako by byla, pokud by byly vlasce příčného směru součástí strany opotřebení tedy strany pohonných součástí stroje. Tento problém se týká především jednovrstvých sít, které mají jen jednu soustavu útků i osnov. Tento problém byl vyřešen nástupem třívrstvých sít, což jsou v podstatě dvě různé tkaniny spojené buď spojovacím útkem nebo osnovou u nichž je útková vazba s delším vyčnívajícím útkem na spodu tkaniny pro lepší odolnost proti oděru a na lici (strana papíru) je buď atlasová nebo spíše plátnová vazba, která dává lepší předpoklady pro podporu vláken papíru a zároveň nejméně značí do povrchu budoucího papíru.

## 5.2 Prodyšnost vzduchu (CFM)

Propustnost vzduchu, označovaná též jako prodyšnost, je jedním z nejdůležitějších parametrů užitných vlastností tkanin i sít. Prodyšnost textilních materiálů lze charakterizovat jako jejich schopnost propouštět vzduch za stanovených podmínek. Norma ČSN EN ISO 9237 [9] definuje prodyšnost jako rychlost proudu vzduchu procházejícího kolmo na zkušební vzorek při specifikovaných podmínkách pro zkušební plochu, tlakový spád a dobu [norma]. U tkanin je prodyšnost podmíněna strukturou, hustotou podélných i příčných nití i druhem konečné úpravy. Podstatou zkoušky je nasávání vzduchu skrz plochu zkoušené textilie při stanoveném tlakovém spádu. To znamená, že textilie je podrobena působení rozdílného tlaku z obou stran. Prodyšnost je pak vyjádřena jako rychlost proudění vzduchu danou plochou textilie.

### Metody měření prodyšnosti tkanin

Jednotlivé níže uvedené metody se liší pouze rozdílným použitím přístroje.

#### 5.2.1 Měření prodyšnosti přístrojem FF – 12/A (obr.24)

Jedná se o přístroj typu FF – 12/A. Tento přístroj je určen pro měření prodyšnosti většiny typů plošných textilií, včetně textilií technických, pletených a impregnovaných. Široká použitelnost tohoto přístroje je dána možností nastavení mnoha různých podmínek měření. Přístroj má výměnnou upínací hlavici, která umožňuje zkoušení vzorků na ploše 10, 20, 50 a 100 cm<sup>2</sup>. Přítlak na zkoušený vzorek se ovládá pákou. Tahem ventilátoru se nasává zkoušeným vzorkem vzduch, který prochází trubicí rotametrů. Rotametr je svislá, kuželovitá skleněná trubice, ve které se při proudění vzduchu vznáší plovák. Při větším množství proudícího vzduchu se plovák zvedá, při menším klesá. Na stupnici trubice se odečte množství vzduchu v litrech, které projde zkušební plochou vzorku za 1 hodinu. Přístroj umožňuje měření průtoku vzduchu v rozsahu 4 až 8000 l/hod. Podtlak se nastavuje ovládacím knoflíkem. Hodnota se odečte na stupnici umístěné v pravé části panelu [10].



Obr.24 Přístroj na měření prodyšnosti FF-12/A

### 5.2.2 Měření prodyšnosti přístrojem Permtest (obr.25)

Je to pneumatické zařízení s velmi přesným měřením objemu při konstantním přetlaku vzduchu. Přístroj se skládá z měřicí hlavy a řídicího bloku, které jsou spojeny kabelem. Měřicí hlava má 2 měřicí rozsahy pro  $700 - 1500 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hod}$  a pro  $70 - 1000 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hod}$  a odpovídající hodnoty v jiných objemových, plošných a časových jednotkách.

Naměřené hodnoty ve zvolených jednotkách se ukládají v paměti přístroje a vyhodnocují se samostatně různými statistickými hodnotami.

Prodyšnost je udávána při rozdílu tlaků (Pa) v jednotkách:

100	$\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hod. (min., sec)}$
125	$\text{ft}^3/\text{ft}^2 \cdot \text{min}$
200	$\text{dm}^3/\text{dm}^2 \cdot \text{min. (sec)}$

Při přechodu na jinou jednotku měření se tlak přepíná automaticky.

Objektivnost naměřených hodnot závisí jen na dodržování podmínek měření:

- hlava se musí přimáčknout ke tkanině kolmo svou podélnou osou
- pod tkaninou musí být dostatečně velký volný prostor, aby se nebránilo odchodu vzduchu
- příruba omezující měřenou plochu musí být čistá, aby nerovnosti neumožňovaly přístup nežádoucího vzduchu

- síla přitlačení na tkaninu má být pokaždé přibližně stejná a tkanina musí být mírně napnutá

Na horní části držadla hlavy je signální žárovka, která svítí, když probíhá měření a tlačítko pro zapnutí kompresoru. Řídicí blok obsahuje mikroprocesor, měřicí a kontrolní obvod, obrazovku a panel s ovládacími tlačítky. energii dodává akumulátor. Na levé straně bloku jsou zásuvky pro připojení k nabíjecímu zdroji a k tiskárně. Měřicí hlava se připojuje vpravo. Správnost naměřených hodnot se kontroluje pomocí dvou kalibračních destiček. Jsou-li hodnoty odlišné, musí se před jakýmkoliv zásahem nejprve informovat dodavatel přístroje. Optimální jsou podmínky měření kontrolních pásů na stolku upraveném k tomuto účelu.. Rozsah sít, u kterých se měří prodyšnost a četnost měření je určena pravidly, která se mohou podle potřeby měnit. Prodyšnost se měří u všech tkanin a sít dvouvrstevných, třívrstevných a u všech jednovrstevných.



Obr.25 Přístroj na měření prodyšnosti PermTest

### 5.2.3 Jednotky prodyšnosti

Je množství (objem) vzduchu, které projde jednotkou plochy za jednotku času při určitém tlakovém rozdílu mezi oběma stranami tkaniny. Hodnota CFM je potom množství vzduchu v krychlových stopách (cuft;  $\text{ft}^3$ ), které projde plochou 1 čtvereční stopy ( $\text{sqft}$ ;  $\text{ft}^2$ ) za 1 minutu při tlakovém rozdílu 125 Pa. 1 stopa (ft) přitom odpovídá 0,3048 m. Přímý převod objemových a plošných jednotek platí jen **při stejném tlakovém rozdílu!** Při převodu jednotek se musí jen správně použít převodní koeficienty.



Jednotka  $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{sec} = \text{m}/\text{sec}$  (tj. rychlost, vyplynula po krácení jednotek). Obdobně mohou vzniknout jednotky  $\text{m}/\text{min}$  ( $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{min}$ ) a  $\text{m}/\text{hod}$  ( $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hod}$ ).

Některé převodní koeficienty mezi jednotkami různých podtlaků byly stanoveny laboratorně skutečným měřením na téže tkanině v tomtéž místě, **tedy respektují různé tlakoví rozdíly**.

Proto

CFM	je při rozdílu tlaku	125 Pa
$\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hod}$	- „ -	100 Pa
$1/\text{m}^2 \cdot \text{sec}$	- „ -	100 Pa
$\text{m}/\text{sec}$	- „ -	100 Pa

Z toho vyplývají následující převodní vzorce, které byly stanoveny na základě laboratorních pokusů

$$CFM = \frac{m^3 / m^2 \cdot \text{hod}}{16} = \frac{1 / m^2 \cdot \text{sec}}{4,444} \quad (4)$$

$$\frac{m^3}{m^2 \cdot \text{hod}} = \frac{CFM}{0,063} = \frac{1}{0,278 \cdot m^2 \cdot \text{sec}} \quad (5)$$

$$\frac{1}{m^2 \cdot \text{sec}} = \frac{CFM}{0,225} = \frac{m^3}{3,6 \cdot m^2 \cdot \text{hod}} \quad (6)$$

$$\frac{m}{\text{sec}} = \frac{1}{1000 \cdot m^2 \cdot \text{sec}} \quad (7)$$

Nicméně celosvětově je u výrobců formovacích papírenských sít uznávána hodnota prodyšnosti CFM ( $\text{cuft} / \text{sqft} \cdot \text{min}$ ) tedy hodnota, která nevychází ze základních jednotek SI.

### 5.3 Měření propustnosti tkanin

Propustnost kapaliny je definována obdobně jako propustnost vzduchu. Je to množství kapaliny konstantní teploty (20°C), která projde jednotkou plochy síta za jednotku času při konstantním hydrostatickém tlaku (tedy výšce sloupce vody).

#### Metody měření propustnosti tkanin vodou

Na měření propustnosti tkanin budou popsány dvě metody, které se používají pro zjištění propustnosti a které se od sebe zásadně liší.

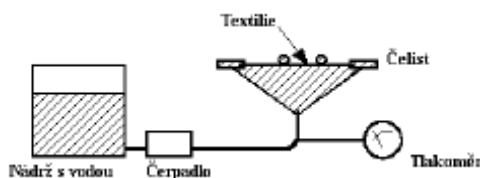
##### 5.3.1 Prostup tlakové vody

Na některé textilie, zejména pro účely sportovního ošacení, oděvů do deště, ale také pro technické účely, klademe zvláštní nároky. Tyto textilie (např. pro bundy, oteplovací soupravy) nesmějí vodu propouštět vůbec nebo jen v omezeném množství.

U takovýchto textilií se zavádí zkouška prostupu tlakové vody [11], která je založena na principu protlačování vody přes textilii. Textilie je umístěna na kruhové čelisti o předepsané ploše. Obvod textilie je pevně upnut, aby pod ni bylo možno pod tlakem vhánět vodu. Tlak je registrován tlakoměrem (obr.26).

Zkoušku lze vyhodnotit třemi základními způsoby:

1. Tlakem, který způsobí průnik prvních tří kapek vody na horní plochu textilie při zvyšujícím se tlaku
2. Časem, který uplyne do průniku prvních tří kapek vody při konstantním tlaku



Obr.26 Prostup tlakové vody

### 5.3.2 Měření propustnosti vody přístrojem Sítos a.s.

Přístroj (obr.27) se skládá z čerpadla, dvou tlakových snímačů a vyhodnocovací jednotky. Čerpadlo napustí do vodního sloupce vodu do výšky 20cm, což odpovídá tlakovému spádu 20kPa. Při udržování stálého vodního sloupce (20cm) se vyhodnocuje objem vody, která projde plochou otvoru, kde je síto za jednotku času v sekundách. Průměr kruhového otvoru, ve kterém je upevněno síto, je volen tak, aby plocha byla podílem  $\text{dm}^2$  nebo násobkem  $\text{cm}^2$ , standardně se používá plocha  $10 \text{ cm}^2$ .



Obr.27 Přístroj firmy Sítos a.s. na měření propustnosti

### 5.4 Index podpory vlákna (FSI – Fiber support index)

Jak již bylo zmíněno v kapitole 5.1, pro vlákna papíroviny, která vytéká z nátokové skříně je výhodné, když povrch formovacího síta má na lící straně delší vyčnívající útkové vlasce, které napomáhají tomu, že vlákna budoucího papíru se lépe ukládají na povrchu síta (obr.23 kapitola 5.1) a může poté dojít k lepšímu vzájemnému proplétání vláken a lepší tvorbě povrchu papíru. Proto pro výrobce formovacích sít je výhodné znát tzv. index podpory vlákna. Výsledkem vzorce (8) je číslo, které udává hodnotu, jak výhodnou strukturu má formovací síto pro počáteční podporu (uváznutí) vláken papíru na síť. Tento index je závislý na dostavách útků i osnovy a na koeficientech, které vycházejí ze struktury a konstrukce (vazby) formovacího síta.

Koncepce indexu podpory vlákny byla vytvořena p. Beranem. Jeho práce, založená na statistickém modelu, předpověděla charakteristiky podpory vlákna formovacích sít založené na dostavě, typu vazby a konfigurace provázání, např. dlouhé osnovní kloubky dole i nahoře. Dává nám tedy představu o tom, jak účinně jsou podpírána vlákna, která se ukládají převážně v podélném směru běhu síta. Má význam pro syntetická síta formovací (odvodňovací) jednovrstvá, dvouvrstvá i třívrstvá.

p.Beran vyslovil 4 hlavní domněnky :

- podpora z vlasců je založena na obrysu bez jakékoli šířky
- vlasce jsou rovné a rovnoběžné
- vlasce jsou rovnoměrně umístěny

Poté, co vyslovil tyto domněnky, vytvořil p.Beran velice komplikovaný model, který popisuje zjednodušený vzorec.

$$FSI = 2/3 \cdot 2,54 (a \cdot K_1 + 2 \cdot b \cdot K_3) \quad [-]$$

(8)

kde  $K_1$  je počet osnov/cm

$K_3$  je počet útků/cm na straně papíru (u jednovrstvých je to celkový počet útku)

a,b Beranův koeficient, závislý na vazbě tkaniny (vycházejí z podélného řezu daného formovacího síta)

$$a = \frac{\text{počet útků pod osnovami podpírajícími vlákna (v jedné střídě vazby) + 1}{\text{střída vazby}} \quad (9)$$

$$b = \frac{\text{osnov pod útky podpírajícími vlákna na straně papíru (v jedné střídě vazby) + 1}{\text{střída vazby}} \quad (10)$$

Tkanina	Vazba	Podélný řez tkaninou	Koeficienty	
			a	b
jednovrstvá	plátňová		$\frac{2}{2}=1$	$\frac{2}{2}=1$
	3 vazný kepr	osnovní	$\frac{2}{3}=0,67$	$\frac{3}{3}=1$
		útkový	$\frac{3}{3}=1$	$\frac{2}{3}=0,67$
	4 vazný kepr	útkový	$\frac{4}{4}=1$	$\frac{2}{4}=0,5$
		osnovní	$\frac{2}{4}=0,5$	$\frac{4}{4}=1$
		obou- licní	$\frac{3}{4}=0,75$	$\frac{3}{4}=0,75$
	5 vazný atlas	útkový	$\frac{5}{5}=1$	$\frac{2}{5}=0,4$
		osnovní	$\frac{2}{5}=0,4$	$\frac{5}{5}=1$
dvouvrstvá – dvoutřítková různých vazeb	5 vazná		$\frac{2}{5}=0,4$	$\frac{4}{5}=0,8$
	6 vazná		$\frac{3}{6}=0,50$	$\frac{3}{6}=0,50$
	7 vazná		$\frac{3}{7}=0,43$	$\frac{5}{7}=0,71$
	7 vazná s vyplň. útkem		$\frac{3}{7}=0,43$	$b_1 + b_2 = \frac{5}{7} + \frac{7}{7} = 0,86$
	10 vazná		$\frac{4}{10}=0,4$	$\frac{8}{10}=0,8$

Obr.28 Vypočtené koeficienty pro různé druhy vazeb formovacích sít  
*koeficienty a, b* pro jednotlivá síta firmy Sítos a.s. jsou uvedena v tab.6, vycházejí z podélných řezů jednotlivých sít, která jsou uvedena v Příloze 1.

	koeficient a	koeficient b
F-P32	1	0,4
F-P29-C	1	0,4
D - 760	0,43	0,71
F - V761	0,71	0,79
F - V870	0,5	0,81
F -D1640	0,31	0,31
F -V1640	0,44	0,81
F -V1660	0,44	0,81
F - T40	1	1
F - T64	1	1

Tab.6 koeficientů a,b jednotlivých formovacích sít Sítos a.s.

## 5.5 Index odvodnění (DI – Drainage Index)

Jak je již zmíněno v kapitole 5.1, kde je z hlediska vazby resp. na lícni straně formovacího síta (strana papíru) žádoucí, aby se tvořila útková vazba, která umožňuje příčným útkům provazovat nad osnovu. Delší vyčnívající útky jsou kolmé na běh vody, která se z nátokové skříně papírenského stroje teče v směru podélném, tedy směru osnovy. Útková vazba má tedy za následek, že voda naráží na příčné útky, ztrácí svoji rychlost a tím i rychleji prochází daným formovacím sítem, což je u odvodňování papíroviny žádoucí, ne-li nutné. Toto se snaží vyjádřit vzorec (11), který vychází jednak ze struktury tedy vazby síta (koeficient  $b$ ), z dostavy útku na straně papíru a zohledňuje i další užitnou vlastnost síta, tedy prodyšnost síta (více viz kap.7.2.4 nebo kap.5.2). Tento vzorec tedy udává číslo, které vyjadřuje míru počátečního odporu protékání vody sítem.

$$DI = b \cdot 2,54 \cdot K_3 (1/\text{cm}) \cdot \frac{CFM}{1000} \quad [-] \quad (11)$$

Koeficient  $b$  (viz tab.6) je empirický koeficient již výše uvedený tedy tzv. „Beranův koeficient útku“,  $K_3 (1/\text{cm})$  je útková dostava na straně papíru.

## 5.6 Počet nosných prvků (NP) $[1/\text{cm}^2]$

Tento parametr dává představu kolika vaznými body síta (podpůrnými body) je podpírán papír. Čím vyšší hodnota, tím lépe pro hladší povrch papíru, protože jsou lepší předpoklady, že značení síta bude minimální při vysoké hodnotě NP. Tato hodnota je zajímavá jak pro zákazníka, který potřebuje, aby papír měl, co nejhladší povrch bez značení, tak i pro výrobce síta, který může při návrhu nového síta zohlednit i tuto hodnotu, která vychází z dostavy útků (u vícevrstevných sít se počítá opět se dostavou útků na straně papíru) i dostavy osnovy a je taky dána koeficientem vazby (12). Je dán tedy vzorcem:

$$NP = K_1 \cdot K_3 \cdot K_{vz} \quad [1/\text{cm}^2] \quad (12)$$

kde  $K_1$  je počet osnov /cm(osnovní dostava)

$K_3$  je počet útků/cm (útková dostava na straně papíru u vícevrstevných sít)

$K_{vz}$  je koeficient v závislosti na vazbě tab.7

	Kvz
F-P32	1
F-P29-C	1
D - 760	0,29
F - V761	0,29
F - V870	0,19
F - D1640	0,31
F - V1640	0,31
F - V1660	0,29
F - T40	1
F - T64	1

Tab.7 Koeficienty vazby jednotlivých sít

### 5.7 Stanovení T – ČÍSLA [1/cm]

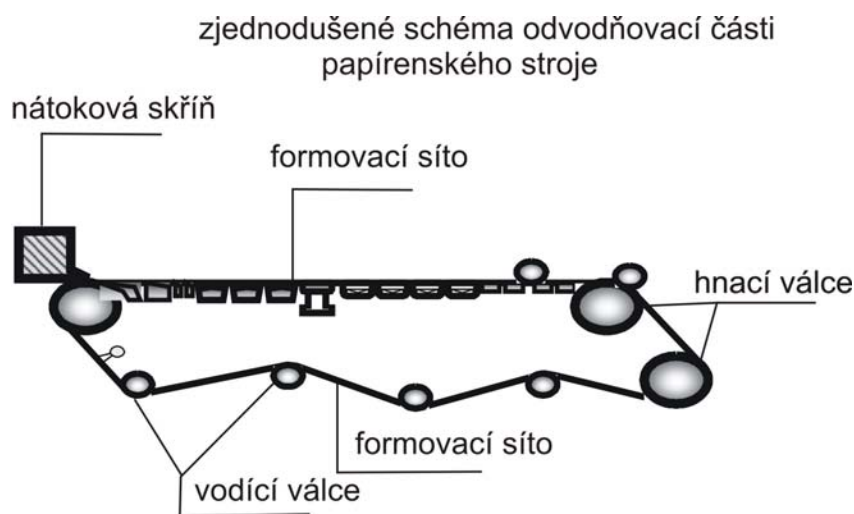
Je to součet osnovní a útkové metrické dostavy síta na straně papíru. U dvouvrstvých a vícevrstevných sít se uvažuje dostava útků na lícni straně síta.

<u>Příklad:</u> síta	$K_1$ [1/cm]	$K_2$ či $K_3$ [1/cm]	T – číslo [1/cm]
jednovrstvé	31	30	61
dvouvrstvé dvouútkové	52	2 x 19	71

## 6 Mechanické vlastnosti formovacího papírenského síta

### 6.1 Mechanické požadavky u sít formovacích

Aby materiál mohl odolávat namáhání, musí mít určité vlastnosti, které se projevují jak při vytváření výrobku, tak při jeho používání. Mechanické vlastnosti materiálu souvisejí především se stavbou a strukturou. Pro výrobu a použití tkanin a papírenských formovacích syntetických sít jsou důležité především tyto vlastnosti: pevnost, tažnost a pružnost. Formovací síta, které běží na papírenském stroji potřebují mít především pevnost v tahu a smí se prodlužovat jen v určitých mezích. Síto je napnuto mezi prsním válcem a gaučovým válcem který slouží i jako hnací válec (obr.29). Poháněn může být vodící váleček a prsní válec. Síto musí být za provozu napnuto silou 4 až 7 kN/m [12] a toho se docílí jedním nebo dvěma napínacími válci. 80 až 90 % napnutí síta vzniká třením na odvodňovacích částech a jen 5% až 20 % napnutí síta je zapotřebí k roztáčení všech válců sítové části. Přitom napnutí jednotlivých osnovních vlasců se postupně zvětšuje s tím, jak se osnovní vlasce obrušují a zmenšují svůj příčný průřez. Síto se pokládá za úplně opotřeбенé, jestliže původní průměr osnovního vlasce se zmenší asi na polovinu. Potom je také poloviční příčný průřez vlasců a tedy dvojnásobné tahové napětí. Síto odolává tím lépe, čím je vyšší jejich celková pevnost při zachování pružnosti.



Obr.29 Schéma odvodňovací části papírenského stroje



Na papírenském stroji dochází také k opakovanému pulzujícímu namáhání v tahu, pro které je charakteristické pravidelné kolísání napětí mezi maximální a minimální hodnotou. Tkanina musí být při provozu síta značně napnutá, protože síto jako dopravní pás roztáčí všechny válečky sítové části a současně musí překonávat sílu tření na nepohyblivých odvodňovacích částech. Napnutí není stále, ale mění se za poměrně krátký interval jednoho oběhu síta od minimální do maximální hodnoty. Zvyšování napnutí je plynulé, ale jeho pokles je náhlý. Jen pro utvoření představu dochází na středně produktivním papírenském stroji při délce síta 25 m a rychlosti běhu 300m/min bude při desetidenní životnosti síta téměř 173 tisíc oběhů v intervalu 5s.[13] Pokud by tedy síto nebylo při formování papíru dostatečně napnuté, tak by mohlo docházet k prokluzu síta na vodících elementech papírenského stroje. Změna rychlosti samotného formovacího síta by měla za následek špatnou a nerovnoměrnou formaci papíru, vznikl by tedy papír nežádoucích vlastností. Důležitá je tedy pevnost v tahu síta a její tažnost. Ve firmě Sítos a.s. se uskutečňují mimo jiné i také zkoušky tahové jednorázové (do přetrhu) s plynulým konstantním tahem, ale i důležité cyklické zkoušky. Dále budeme měřit i tahové zkoušky se zatížením na maximální určenou hodnotu po danou časovou jednotku a zjištění celkové tažnosti. Všechny tyto zkoušky se snaží alespoň přiblížit reálným stavům síta na papírenském stroji. Hodnoty zjištěné z tahových zkoušek jsou důležité i pro splnění požadavků zákazníka. Zákazník někdy požaduje určité minimální a maximální hodnoty protažení (poměrné prodloužení,tažnost) síta na stroji při dané síle  $F$  [ $N \cdot m^{-1}$ ] a proto tahové zkoušky jednotlivých sít jsou velice důležité pro vhodnost daného síta na určitý papírenský stroj.

## 6.2 Základní mechanické veličiny formovacího síta

Základní požadavky na formovací síta je dobrá pevnost, minimální prodlužování při napínání a odolnost proti opakovanému namáhání. Pevnost v tahu je například u syntetických formovacích sít vyšší o 20 procent proti sítům kovovým. Proto se u formovacích sít provádí tahové zkoušky jednorázové do přetrhu ale i cyklické bez přetrhu. Během mechanického namáhání dochází ve tkanině ke změně délky - deformaci, která je závislá na:

- velikosti zatížení
- rychlosti namáhání

- době trvání

Proto budeme měřit především pevnost (síla do přetrhu)  $F$  [ N ] a její tažnost (deformace do přetrhu)  $\varepsilon$  [%] .

### 6.2.1 Napětí

Pod pojmem napětí  $\sigma$  [Pa] rozumíme absolutní sílu  $F$  [N] přepočítanou na plochu průřezu vzorku  $S$  [m<sup>2</sup>]. Protože plocha průřezu je u sít problematická, přepočítává se absolutní síla  $F$  [N] na šířku daného síta  $b$  [m]. Tzv. napnutí síta se udává v jednotkách N/m a jde vlastně o zatížení na jednotku šířky. [7] Přísně vzato bychom v tomto případě měli poměr mezi silou do přetrhu a šířkou daného síta nazývat poměrnou pevností  $f$  [N.m<sup>-1</sup>], ale dále tato veličina bude označena písmenem  $F$ . Napětí, resp. poměrná pevnost do přetrhu vzorku je tedy nazýváno pevností v tahu. [7]

Napětí je vyjadřováno podle vztahu

$$\sigma = \frac{F[N]}{S[m^2]} \text{ [Pa]} \quad (13)$$

Vyjádření napětí pro syntetická síta tedy popisujeme jako pevnost v tahu vztaženou na jednotku šířky síta podle vztahu :

$$F = \frac{F[N]}{b[m]} \text{ [N.m}^{-1}\text{]} \quad (14)$$

### 6.2.2 Deformace

Při natahování vzorku síta dochází k jeho prodloužení, tedy k deformování. Absolutní deformaci vyjadřujeme v absolutních jednotkách jako  $\Delta l$  [mm] .

Má-li být deformace různých materiálů srovnávána, je ji nutno podobně jako u napětí přepočítat na relativní jednotky, nejčastěji [%]. Nebudeme-li vyjadřovat deformaci v %, bude vyjádřena jako bezrozměrné číslo[7] . Pro přepočet deformace používáme následující vztahy:

Absolutní deformace

$$\Delta l = l - l_0 \quad [\text{mm}]$$

kde  $l$  – je konečná délka po natažení [mm]

$l_0$  – je počáteční (původní) délka vzorku [mm], zvaná upínací délka

Relativní deformace

$$\varepsilon = \frac{\Delta l [\text{mm}]}{l_0 [\text{mm}]} = \frac{l - l_0}{l_0} \quad (15)$$

popř.

$$\varepsilon = \frac{\Delta l [\text{mm}]}{l_0 [\text{mm}]} \times 10^2 \quad [\%] \quad (16)$$

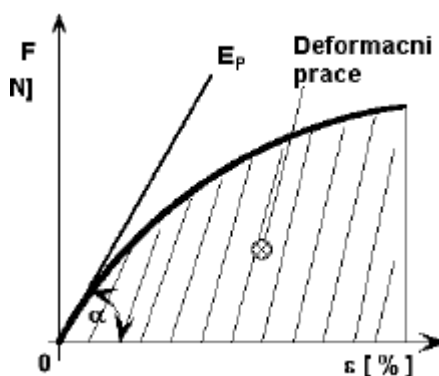
Relativní deformaci do přetrhu nazýváme tažnost při maximální síle [ % ].

Deformaci popisujeme jako vratnou - elastickou a nevratnou - plastickou. Elastické - vratné deformace lze očekávat pouze v oblasti malých sil a deformací, kde průběh  $F = f(\Delta l)$  je lineární. Prodloužení je změna délky měřeného úseku vlivem tahového namáhání. Z hlediska používaných veličin musíme rozlišovat prodloužení absolutní  $\Delta l$  [mm] a poměrné prodloužení  $\varepsilon$  [%]. Podle chování materiálu se musí rozlišovat prodloužení pružné (elastické) a trvalé (plastické). Z hlediska chování materiálu se musí rozlišovat, zda prodloužení existuje pouze v době, kdy působí tahová síla nebo zda zůstává jako následná deformace po působení síly. V prvním případě se jedná o prodloužení pružné, ve druhém případě o prodloužení trvalé[13]. Trvalé prodloužení je tedy zvětšení upínací délky, které zůstane po úplném odstranění působícího zatížení. Celkové prodloužení je zvětšení upínací délky při zatížení určitou tahovou silou. Pružné prodloužení je rozdíl mezi prodloužením celkovým a trvalým. U syntetických materiálů používaných pro formovací síta se část prodloužení vrátí ihned, ale část se vrací postupně po určitou dobu. Nicméně u tkanin ze syntetických materiálů se pružné i trvalé prodloužování projevuje prakticky od počátku.

## 6.3 Tahové charakteristiky

### 6.3.1 Zkoušení pevnosti v tahu

Při zkoušení mechanických tahových vlastností síta jde většinou o zjištění meze pevnosti. Vzorek je v těchto zkouškách zatěžována až do destrukce - přetrhu vzorku. Výsledkem je ukazatel síly  $F$  [N], mezní síly zatěžování - t.zn. síly potřebné k přetržení vzorku dále je naměřena tzv.ultimativní deformace [mm, %] - mezního přetvoření - t.zn. protažení, které odpovídá síle v okamžiku přetrhu. U syntetických papírenských sít se u tahové zkoušky zjišťuje tzv.ultimativního napětí (relativní síly) [N/mm] - t.j. síla potřebná k přetržení vzorku přepočtená na plochu průřezu syntetického síta. Plocha je v tomto případě poněkud zavádějící a proto se ultimativní síla přepočítává na šířku daného síta, při zkoušce tedy na šířku daného vzorku [N/mm]. Můžeme tedy zjistit i velikost tzv. ultimativní přetvárné práce - mezní práce do přetrhu [J], tedy energie, kterou je třeba vynaložit, aby síla v závislosti na deformaci (protažení) způsobila destrukci vzorku (jinými slovy aby došlo k přetrhu).



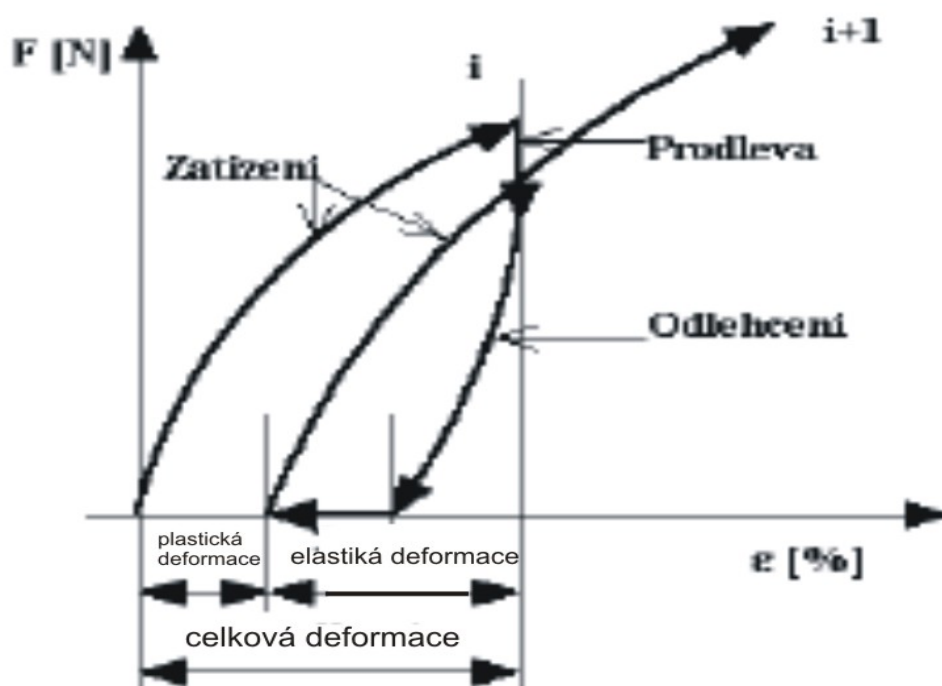
Obr.30 Graf průběhu zkoušky pevnosti v tahu (plocha pod křivkou je tedy definována jako deformační práce)

### 6.3.2 Cyklické tahové namáhání

U cyklických zkoušek zjišťujeme hodnoty poměrného prodloužení celkového, plastického a elastického. Cyklické namáhání je definováno jako pravidelný vzrůst a pokles deformace a napětí tkaniny doplněný prodlevami. Tento postup může být

realizován do konstantní deformace (resp. síly) nebo se vzrůstající úrovní napětí, popřípadě až do přetrhu. Protože budeme provádět zkoušky do konstantní deformace s minimálními prodlevami můžeme nazývat tuto zkoušku za polycyklickou.

Křivky na obr. 31 jsou vytvořeny v režimu, kdy vykreslování křivky souhlasí s pohybem spodní zatěžovací čelisti. Jinými slovy: jde-li čelist dolů, je zvyšována deformace a napětí, jde-li čelist nahoru, je deformace i napětí snižováno. Tkanina je zatěžována do úrovně celkové deformace  $\varepsilon$  celkové [%]. Poté se čelist začne vracet, deformace i napětí klesá, , kdy se křivka dotkne osy  $\varepsilon$  [%]. Vrátila se elastická – pružná deformace. Čelist se však vrací do původní polohy na počátku. Na tkanině se projevuje prověšení – plastická deformace. [7]

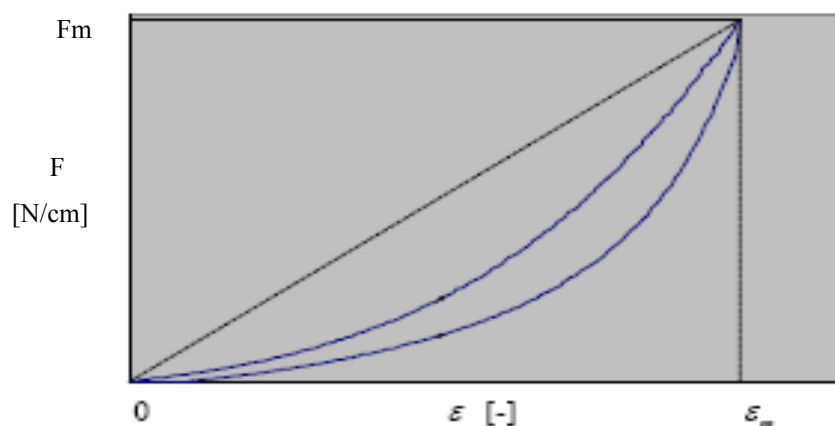


Obr.31 Rozbor křivek z dynamometru

Z obr. 31 je patrné, že celková deformace  $\varepsilon$  celk [%] se skládá z deformace elastické  $\varepsilon$  elast. [%], která se celá vrátila a deformace plastické  $\varepsilon$  plast. [%], která se projevuje zůstatkovým protažením tkaniny.

$$\varepsilon \text{ celková} = \varepsilon \text{ elastická} + \varepsilon \text{ plastická}$$

Tahová deformace probíhá po celé šířce vzorku. Rychlost zvyšování napětí je konstantní. Po dosažení síly  $F_m$  namáhání končí a začíná se měřit chování formovacího síta při zotavování, při uvolňování napětí. Výsledkem je křivka znázorněna na obrázku č.32. [14]



Obr.32 Křivka tahové charakteristiky

Charakteristickými hodnotami popisujícími tahovou charakteristiku jsou:

- LT: Linearita křivky zatížení - prodloužení [-]
- WT: Tahová energie na jednotku plochy [ $\text{N.cm/cm}^2$ ]
- RT: Tahová pružnost (Elastické zotavení) [%]

Tyto charakteristické veličiny jsou definovány vztahy:

$$LT = \frac{WT}{WOT} \quad [-] \quad (17)$$

$$WT = \int_0^{\varepsilon_m} F d\varepsilon \quad [\text{N.cm/cm}^2] \quad (18)$$

$$RT = \frac{WT'}{WT} \times 100 \quad [\%] \quad (19)$$

kde  $WOT = \frac{F \times \varepsilon_m}{2}$  (plocha na obr.32 ohraničená čárkovanou čarou) [ $\text{N.cm/cm}^2$ ]

(20)

$F$  – tahová síla na jednotku šířky vzorku [N/cm]

$\varepsilon$  - tahová deformace [-]

$F_m$  a  $\varepsilon_m$  – maximální hodnota  $F$  a  $\varepsilon$

$$WT' = \int_0^{\varepsilon_m} F' d\varepsilon \text{ (energie zotavení na jednotku plochy) [N.cm/cm}^2\text{]} \quad (21)$$

$F'$  - tahová síla na jednotku délky v zotavovacím procesu [N/cm]

Zkoušky jsme prováděli na moderním trhacím zařízení značky Zwick Z 010.

Jeden konec vzorku je upnutý v nepohyblivé svorce a druhý v posuvné svorce pohybující se konstantní rychlostí.

Popis trhacího zařízení Zwick Z 010:

- zkoušet vlasce, tkaniny do šířky vzorku 60 mm
- upínací délka je nastavitelná od 100 do 500 mm  $\pm$  2 mm
- nastavitelná konstantní rychlost posuvu tažené svorky do 500 mm/min  $\pm$  2% (rychlost je v rozmezí 0,001 + 1800 mm/min)
- maximální odchylka měřené síly nepřekročí 2 % skutečné hodnoty
- nastavitelné předpětí vzorku v rozmezí
- svorky pro upnutí vzorků zabraňují prokluzování nebo poškození zkušebních vzorků:
  - čelisti pro monofily (dráty) do průměru 1,0 mm
  - čelisti pro monofily (dráty) nad průměr 1 mm a tkaniny
- zařízení má dva měřicí rozsahy napínání: do 500 N a do 10 kN
- zařízení je doplněno:
  - grafickým záznamem naměřené síly a prodloužení
  - programováním a pamětí
  - statistickým vyhodnocováním: hodnota střední (aritmetický průměr), minimální, maximální, směrodatná odchylka
- zatěžování je buď konstantní nebo pulzující, počet cyklů je proměnný
- maximální vzdálení svorek při zkoušce je 1000 mm

## 7 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

### 7.1 Porovnání formovacích syntetických sít firmy Sítos a.s. a konkurence

Předmětem této kapitoly je porovnat papírenská síta firmy Sítos a.s. s konkurenčními podniky. Moderní firmy jako je firma Sítos a.s. si v dnešní době nemohou dovolit nesledovat konkurenční výrobky, musejí sledovat, jak se podobají síta s konkurencí především z hlediska vazební (konstrukční) a materiálové stránky pro formaci papíru. Obchod s papírenskými sítý v Evropě je nekonečný boj o zákazníky, firem vyrábějících papírenská formovací síta na světě není tisíce, ale spíše stovky. Proto se firmy vyrábějící síta pro papírenský průmysl navzájem sledují, snaží se pořídít síta konkurence a snaží se vytvořit technickou analýzu konkurenčních sít, popřípadě napodobit nebo vylepšit svá vyráběná síta, aby mohla dostatečně konkurovat a přežít na trhu. Firma Sítos a.s. nám zadala rozebrat síta konkurenčních firem a naší úkolem je přiřadit síto této firmy a porovnat je především z hlediska vazby a materiálu.

Problémem v tomto oboru je, že některé vazby, které se používají pro papírenský průmysl se nedají z hlediska vazby patentovat. Např. kepr či atlas, tedy vazby používající se ve formovací části, nemohou být předmětem autorských práv. Nicméně např. pro vícevrstvá síta, která se používají převážně pro formovací část papírenského stroje, se dnes po vazební stránce síta patentovat dají.

Tato práce se zaměří podrobněji právě na formovací síta vícevrstvá, budou porovnávána převážně s firmou Asten Johnson, který je hlavním konkurentem firmy Sítos a.s., dále budou rozebrána a porovnána i další síta jiných firem.

Pro porovnání se budou používat parametry, které jsou důležité pro správnou formaci papíru i z hlediska výroby tkaniny, jsou to tedy především vazba tkaniny, dostava osnovy, dostava útku, průměr osnovy i průměry útků, druh materiálu útku i osnovy, prodyšnost vzduchu, tzv. index podpory vlákna FSI a index odvodnění DI (viz kap.5). Dále bude také uvedeno počet listů nutných k utkání jednotlivých sít a posouzení jestli konkurenční síto je možné utkat na tkacích stavech firmy Sítos a.s.

V tabulkách parametrů daných porovnávajících sít jsou uvedeny jen střední hodnoty z jednotlivých měření. Statisticky vyhodnocené tabulky jednotlivých sít jsou obsaženy v Příloze 2. Příčné, podélné řezy a střídý vazby jednotlivých formovacích sít tvoří Přílohu 1.



### 7.1.1 Výsledky porovnání konkurenčních sít k jednovrstvému sítu *F - P32*

Identifikace porovnávacích sít

Obchodní název síta	Výrobce síta	Identifikace vazby síta
<b>F – P 32</b>	<b>Sítos a.s.</b>	<b>Tkanina resp. síto provazující v pětivazném atlasu s postupným číslem 2</b>
MonoFlex 61	Asten Johnson	<b>Tkanina resp. síto provazující v pětivazném atlasu s postupným číslem 2</b>

Vazební charakteristika sít (Příloha 1) - tato jednoduchá formovací síta jsou z hlediska vazebního stejná, jedná se o jednoduchou pětivazovou vazbu s postupným číslem 2. Dostavy osnovy, útků i tloušťka celkového síta je shodná viz tab.8. Parametry určující míru odvodnění (CFM, FSI) jsou také velmi podobná viz tab.8 Lze tedy říci, že síto MonoFlex 61 od Asten Johnson je konkurenční síto k sítu P – 32 firmy Sítos a.s

Technologická charakteristika - na utkáni vazby je potřeba nejméně 5 listů respektive 10 listů, použijeme hladký návod do brda, konkurenční síto je tedy z hlediska vazby utkatelné na strojích firmy Sítos a.s. viz tab.1 Kapitola Postup výroby.....

Tab.8 Porovnávací parametry daných sít:

Název síta	F - P32	MonoFlex 61
Výrobce	Sítos	Asten Johnson
$K_1[1/10\text{cm}]$	331	342,600
$K_2[1/10\text{cm}]$	283	278,000
$d_o[\text{mm}]$	0,170	0,162
$d_u[\text{mm}]$	0,222	0,23
$t[\text{mm}]$	0,461	0,472
FSI[-]	118	118
CFM[ft/min]	570	550
materiál osnovy	PES	PES
materiál útku	PES	PES

### 7.1.2 Výsledky porovnání konkurenčních sít k dvouvrstvému formovacím sítu *F – D760*

Identifikace porovnávajících sít

Obchodní název síta	Výrobce síta	Identifikace vazby síta
<b>F – D 760</b>	<b>Sítos a.s.</b>	<b>Víceútková sedmivazná tkanina</b>
W + F	W + F	Víceútková osmivazná tkanina
Kufferath	Kufferath	Víceútková sedmivazná tkanina
Magnum D3	Asten Johnson	Víceútková sedmivazná tkanina

Vazební charakteristika sít(Příloha 1)

**F – D760** - Víceútková sedmivazná tkanina, vrchní útek provazuje v sedmivazném útkovém atlasu zesíleném po osnově o jeden bod (Pč5), dolní útek provazuje v sedmivazném osnovním atlasu (Pč5)

**Kufferath** - Víceútková sedmivazná tkanina, vrchní útek provazuje v sedmivazném útkovém atlasu zesíleném po osnově o jeden bod (Pč2), dolní útek provazuje v sedmivazném osnovním atlasu s (Pč 2)

**W + F** - Víceútková osmivazná tkanina s vrchním útkem provazujícím v osmivazném útkovém atlasu zesíleném po osnově o jeden bod (Pč3), dolní útek provazuje v osmivazném osnovním atlasu s Pč 3

**Magnum D3** - Víceútková sedmivazná tkanina s vrchním útkem provazujícím v sedmivazném útkovém atlasu zesíleném po osnově o jeden bod (Pč3), dolní útek provazuje v sedmivazném osnovním atlasu opět s Pč 3

Technologická charakteristika

na utkání vazby je potřeba nejméně 7 listů nebo 14 listů u síta W+F je nutno 8 listů na utkání, v obou případech použijeme hladký návod do brda, konkurenční síta je tedy z hlediska vazby utkatelná na strojích firmy Sítos a.s. viz tab.1 kapitola Postup výroby.....

## Celkové zhodnocení

Formovací síta výše uvedená se z hlediska vazebního provázání poněkud liší (Příloha 1). Shodné vazebně jsou síto F-D760 (Sítos a.s.) a síto od firmy Kufferath, které mají jen opačný směr řádkování, jsou tedy vazebně zrcadlově navzájem obrácená. Síto od firmy W+F je osmivazné nicméně svými parametry ať už technickými (dostavy, průměry) se téměř shodují se sedmivazným formovacím sítem F – D760 a dá se tedy pokládat za konkurenční síto viz tab.9. Síto od firmy Asten Johnson je sedmivazné, rozdíl oproti sítu od firmy Sítos a.s. je jen trochu rozdílném provázání horního útku. Parametry důležité pro formaci jsou obdobné, u síta Magnum D3 je prodyšnost poněkud vyšší, může to být dáno menšími průměry spodního a horního útku při stejné dostavě oproti sítu F-D760 firmy Sítos a.s.

Tab.9 Porovnávající parametry daných sít:

Název síta	F - D760	Kufferath	W+F	Magnum D3
Výrobce	Sítos a.s.	Kufferath	W+F	Asten Johnson
$K_1[1/10\text{cm}]$	598	609	591	643
$K_2[1/10\text{cm}]$	390	466	452	420
$d_o[\text{mm}]$	0,170	0,180	0,170	0,170
$d_{uv}[\text{mm}]$	0,170	0,180	0,200	0,160
$d_{us}[\text{mm}]$	0,250	0,20	0,25	0,20
$t[\text{mm}]$	0,649	0,561	0,643	0,668
FSI[-]	90,43	----	-----	89
CFM[ft/min]	400	343	389	450
materiál osnova	PES	PES	PES	PES
materiál útek vrchní	PES	PES+PAD	PES+PAD	PES
materiál útek	PES+PAD 1:1	PES+PAD 1:1	PES+PAD 1:1	PES

### 7.1.3 Výsledky porovnání konkurenčních sít k dvouvrstvému

#### formovacích sítu *F – D 1640*

Identifikace porovnávajících sít

Obchodní název síta	Výrobce síta	Identifikace vazby síta
<b>F – D1640</b>	<b>Sítos a.s.</b>	<b>Víceútková 16-vazná tkanina</b>
F – 10607	SHALIMAR WIRES INDUSTRIES LTD.	Víceútková 16-vazná tkanina

Vazební charakteristika sít (viz Příloha 1)

F-D1640 a F – 10607 - víceútková tkanina s vrchním útkem, který provazuje v osmivazném útkovém atlasu zesíleném po osnově o jeden bod (Pč3), dolní útek provazuje v šestnáctivazném osnovním přísazovaném atlasu (Pč11)

Technologická charakteristika

protože se jedná o naprosto shodná síta tak lze utkat toto síto na strojích firmy Sítos a.s. potřeba je nejméně 16 listů tkacího stroje

Závěr porovnání:

Z uvedených údajů v tab. 10 můžeme usoudit, že tento typ síta je naprosto shodný ve všech měřených hodnotách a i provázání shodné, přestože se jedná o síta dvou různých firem viz tab.10.

Tab.10 Porovnávající parametry daných sít:

Název síta	F - D1640	SHALIMAR
Výrobce	Sítos a.s.	
$K_1[1/10\text{cm}]$	364	352
$K_2[1/10\text{cm}]$	244	223
$d_o[\text{mm}]$	0,304	0,300
$d_{uv}[\text{mm}]$	0,304	0,300
$d_{us}[\text{mm}]$	0,451	0,450
$t[\text{mm}]$	1,431	1,400
FSI[-]	38,2	38
CFM[ft/min]	540	535
materiál osnovy	PES	PES
materiál vrchního útku	PES	PES +PAD
materiál spodního útku	PES +PAD 1:1	PES +PAD 1:1

#### 7.1.4 Výsledky porovnání konkurenčních sít k dvou a půl vrstvému sítu *F – V761*

##### Identifikace porovnávaných sít

Obchodní název síta	Výrobce síta	Identifikace vazby síta
<b>F – V 761</b>	<b>Sítos a.s.</b>	<b>Víceútková sedmivazná tkanina s výplňkovým útkem</b>
MAGNUM J3	Asetn Johnson	Víceútková sedmivazná tkanina s výplňkovým útkem

Vazební charakteristika sít (viz Příloha 1)

F – V761 - víceútková sedmivazná tkanina s výplňkovým útkem (černý) provazujícím v sedmivazném útkovém atlasu (Pč5), vrchní útek provazuje v sedmivazném útkovém atlasu zesíleném po osnově o jeden bod (Pč5), dolní útek provazuje v sedmivazném osnovním atlasu s Pč 5

Magnum J3 - Víceútková sedmivazná tkanina s výplňkovým útkem (černý) provazujícím v sedmivazném útkovém atlasu (Pč3), vrchní útek provazuje v sedmivazném útkovém atlasu zesíleném po osnově o jeden bod(Pč3), dolní útek provazuje v sedmivazném osnovním atlasu o Pč 3

Technologická charakteristika

obě síta jsou sedmivazná, která pro tkaní potřebují nejméně sedm listů na tkacím stavu, ve firmě Sítos a.s. je konkurenční síto v možnostech tkacích stavů Sítos a.s.

Závěr porovnání:

Z uvedených řezů (Příloha1) a technických vzornic je zřejmé, že tyto síta nejsou vazebně zcela stejné, nicméně jsou obě sedmivazné s výplňkovým útkem. Z tabulky 11 lze vyčíst, že tato síta jsou svými dostavami, průměry, tloušťkou dost podobné. Hodnoty důležité pro odvodnění papíroviny u síta Magnum J3 jsou velmi blízké parametrům sítu F – V761. Lze tedy síto Magnum J3 považovat za konkurenční formovací síto k sítu F-V761(viz tab.11).

Tab.11 Porovnávající parametry daných sít:

Název síta	F - V761	MAGNUM J3
Výrobce	Sítos a.s.	Asten Johnson
$K_1[1/10\text{cm}]$	601	642
$K_2[1/10\text{cm}]$	384	496
$d_o[\text{mm}]$	0,170	0,170
$d_{uv}[\text{mm}]$	0,170	0,190
$d_{us}[\text{mm}]$	0,221	0,280
$d_{ud}[\text{mm}]$	0,171	0,130
$t[\text{mm}]$	0,662	0,752
FSI	92,06	119
CFM	440	430
materiál osnovy	PES	PES
materiál vrchního útku	PES	PES
materiál spodního útku	PES +PAD 1:1	PES
materiál výplňkového útku	PES	PES

#### 7.1.5 Výsledky porovnání konkurenčních sít k dvou a půl vrstvému sítu

##### *F – V870*

##### Identifikace porovnávajících sít

Obchodní název síta	Výrobce síta	Identifikace vazby síta
<b>F – V 870</b>	<b>Sítos a.s.</b>	<b>Víceútková osmivazná tkanina s výplňkovým útkem</b>
ULTIMA - J	Asten Johnson	Víceútková osmivazná tkanina s výplňkovým útkem
NIPPON	NIPPON (Japonsko)	Víceútková osmivazná tkanina s výplňkovým útkem

Vazební charakteristika sít(viz Příloha 1)

F – V870 - víceútková tkanina s výplňkovým útkem, který provazuje v útkovém osmivazném atlasu (Pč 3), vrchní útek provazuje v osmivazném útkovém atlasu zesíleném po osnově o jeden bod, dolní útek provazuje v osmivazném osnovním atlasu

ULTIMA – J - víceútková tkanina s výplňkovým útkem, který provazuje v útkovém osmivazném atlasu (Pč 5), vrchní útek provazuje v osmivazném útkovém atlasu zesíleném po osnově o jeden bod, dolní útek provazuje v osmivazném osnovním přisazovaném atlasu

NIPPON - víceútková tkanina s výplňkovým útkem, který provazuje v útkovém osmivazném atlasu (Pč 3), vrchní útek provazuje v osmivazném útkovém atlasu zesíleném po osnově o jeden bod, dolní útek provazuje v osmivazném osnovním přisazovaném atlasu, naprosto shodná se sítím F-V870 od firmy Sítos a.s. ve směru řádkování

Technologická charakteristika

na všechny výše uvedené druhy formovacích sít je třeba pro tkaní použít nejméně 8 až 16 listů, proto všechny porovnávající výše uvedená síta jsou na stavech Sítos a.s. utkatelné

Závěr porovnání:(tab.12)

Formovací síto F- V870 od firmy Sítos a.s. je vazebně naprosto stejné se formovacím sítím ULTIMA typ J. Vazební rozdíl je jen v postupném čísle u atlasové vazby, Sítos a.s. (Pč 3) u Asten Johnson (Pč5), které má vliv jen na směr řádkování, ale v podstatě jsou to jen zrcadlově obrácená síta, protože u osmivazného atlasu jsou reálná postupná čísla právě jen číslo 5 a 3. U japonského typu je vazba i ve směru řádkování zcela shodná po vazební stránce se sítím F- V870 od firmy Sítos a.s. Z tabulky 12 můžeme vyčíst, že dostavy útků a osnovy se nepatrně liší, ale na parametry důležité pro formování papíru to nemá nějaký zásadní vliv stejné FSI a CFM u sít F – V870 a ULTIMA J jsou shodné. U síta firmy Asten Johnson je pro spodní část tkaniny používán jen polyester, u síta od firmy Nippon a Sítos a.s. jsou v poměru 1:1 prohazovány

polyamidové a polyesterové vlasce. U síta Nippon se nedalo změřit CFM pro nedostatečně velký vzorek.

Tab.12 Porovnávající parametry daných sít:

Název síta	F - V870	ULTIMA - J	NIPPON
Výrobce	Sítos a.s.	Asten Johnson	NIPPON
$K_1[1/10\text{cm}]$	696	591	602
$K_2[1/10\text{cm}]$	524	532	473
$d_o[\text{mm}]$	0,150	0,170	0,150
$d_{uv}[\text{mm}]$	0,170	0,170	0,170
$d_{us}[\text{mm}]$	0,200	0,250	0,20
$d_{ud}[\text{mm}]$	0,130	0,130	0,13
$t[\text{mm}]$	0,665	0,762	0,758
FSI[-]	125,4	123	121
CFM[ft/min]	460	460	-----
materiál osnovy	PES	PES	PES
materiál útku vrchního	PES	PES	PES
materiál útku spodního	PES +PAD 1:1	PES	PES +PAD 1:1
materiál útku výplňkového	PES	PES	PES



### 7.1.6 Výsledky porovnání konkurenčních sít k dvou a půl vrstvému sítu *F – V1640*

#### Identifikace porovnávacích sít

Obchodní název síta	Výrobce síta	Identifikace vazby síta
<b>F – V1640</b>	<b>Sítos a.s.</b>	<b>Víceútková šestnáctivazná tkanina s výplňkovým útkem</b>
F – V1660	Sítos a.s.	Víceútková šestnáctivazná tkanina s výplňkovým útkem
DURAPAC - XL	Asten Johnson	Víceútková šestnáctivazná tkanina s výplňkovým útkem

Vazební charakteristika sít (viz Příloha 1)

F-V1640 - víceútková tkanina s výplňkovým útkem, který provazuje v útkovém osmivazném atlasu (Pč 3), vrchní útek provazuje v osmivazném útkovém atlasu zesíleném po osnově o jeden bod (Pč3), dolní útek provazuje v šestnáctivazném osnovním atlasu (Pč11)

DURAPAC – XL - víceútková tkanina s výplňkovým útkem, který provazuje v útkovém osmivazném atlasu (Pč5), vrchní útek provazuje v osmivazném útkovém atlasu zesíleném po osnově o jeden bod (Pč 5), dolní útek provazuje v šestnáctivazném osnovním atlasu (Pč5)

Technologická charakteristika

na porovnávaná formovací síta je potřeba z hlediska procesu tkaní potřeba nejméně 16 listů, návod se použije hladký, vazba konkurenční je tedy na stavech firmy Sítos a.s. utkatelná

Závěr porovnání:

Formovací síto F- V1640 i F- V1660 od firmy Sítos a.s. je vazebně podobné s formovacím sítem DURAPAC XL od firmy Asten Johnson. Vazební rozdíl je opět v postupných číslech jednotlivých útků provazujících v atlasové vazbě. U firmy Sítos

a.s. je to opět číslo 5 a u firmy Asten Johnson je to číslo 3(Příloha 1). Spodní útek firmy Asten Johnson provazuje v nepatrně jiné vazbě i když jde o šestnáctivazný atlas, a proti vrchním útkům je také trochu jinak útek posunut v porovnání se sítím firmy Sítos a.s. Dostavy osnovy a útků jsou u jednotlivých sítí rozdílné především u síta F-V1660 je dostava oproti sítu DURAPAC XL téměř dvojnásobná (tab.13). Průměr osnovy i útku jsou také mezi jednotlivými sítí rozdílné. Důležité parametry pro odvodňování papíroviny jsou však velice podobné ně-li shodné, obzvláště pak síto F – V1660 je v parametrech FSI a CFM shodné.

Tab.13 Porovnávající parametry daných sítí:

Název síta	F-V1640	F-V1660	DURAPAC XL
Výrobce	Sítos a.s.	Sítos a.s.	Asten Johnson
$K_1[1/10\text{cm}]$	368	600	441
$K_2[1/10\text{cm}]$	351	521	413
$d_o[\text{mm}]$	0,304	0,171	0,250
$d_{uv}[\text{mm}]$	0,302	0,171	0,260
$d_{us}[\text{mm}]$	0,450	0,315	0,450
$d_{ud}[\text{mm}]$	0,201	0,315	0,150
$t[\text{mm}]$	1,450	0,932	1,322
FSI[-]	83,86	94,77	95
CFM[ft/min]	480	430	450
materiál osnovy	PES	PES	PES
materiál útku vrchního	PES	PES	PES
materiál útku spodního	PES +PAD 1:1	PES +PAD 1:1	PES +PAD 1:1
materiál výplňkového útku	PES	PES	PES

### 7.1.7 Výsledky porovnání konkurenčních sít k třívrstvému sítu *F – T40*

#### Identifikace porovnávajících sít

Obchodní název síta	Výrobce síta	Identifikace vazby síta
<b>F – T 40</b>	<b>Sítos a.s.</b>	<b>vícenásobná tkanina se spojovacím útkem</b>
3vrstvé síto	Kufferath	vícenásobná tkanina se spojovacím útkem

#### Výsledky porovnání třívrstvých formovacích sít

##### Vazební charakteristika sít(viz Příloha 1)

F – T40 - jedná se o tkaninu se spojovacím útkem, střída je 6 provazujících útků z toho jsou právě dva spojovací útky (černý a fialový), tvoří částečně i povrch lícu tkaniny (strana papíru), vrchní útek(modrá a oranžový) provazuje jen s horní osnovou a to v plátnové vazbě, spodní útky (světle a tmavě zelený tvoří rub tkaniny v osmivazném víceřádkovém kepru)

Kufferath - naprosto shodná vazba se sítem F-T40 jen s rozdílem směru řádkování, který je v tomto případě na levou stranu z vrchní tedy lícni strany(strana papíru) a pravý směr řádkování dolního víceřádkového kepru. Jedná se opět o tkaninu se spojovacím útkem, spojovací útky jsou v základní střídě příčného řezu dvě(fialový a černý) a tvoří částečně i povrch lícu tkaniny (strana papíru), vrchní útek(modrá a oranžová) provazuje je jen s horní osnovou a to v plátnové vazbě, spodní útek tvoří rub tkaniny v osmivazném víceřádkové kepru

##### Technologická charakteristika

tyto již složité tkaniny se dvěma osnovami je možno utkat na 16ti listech tkacího stavu, protože v obou těchto tkaninách jsou dvě osnovy (vrchní a spodní) je třeba, aby stroj měl dva osnovní válce, potom se bude do listů navádět tzv. rozsazeným návodem, tedy do každého lichého listu jedna osnova, do každého sudého listu osnova druhá, konkurenční vazba je dle tab.1 utkatelná jen na stroji Jäger 33 se dvěma osnovními válci

Závěr porovnání:(Příloha 1 a tab.14)

Formovací síto F- T40 od firmy Sítos a.s. je vazebně zcela shodné s formovacím sítem od firmy Kufferath. Prakticky je rozdíl jen optický a to v tom, že mají opačný směr řádkování tj. jsou zrcadlově obrácená. Dostavy útků i osnovy jsou větší u konkurenčního síta. Průměry osnovy jsou u firmy Sítos a.s. větší, spodní a vrchní útek mají stejný průměr. U konkurence je jsou průměry menší oproti sítu F-T40, navíc je na vrchní osnově použit menší průměr než na osnově spodní, to ovlivnilo dostavu, která je nepatrně vyšší než u síta F-T40. Ovlivnilo to i prodyšnost vzduchu (CFM), která je díky větším průměrům při vyšší dostavě než u T-40, tedy větší zaplnění tkaniny menší prodyšnost než u síta F-T40 vyrobené firmou Sítos a.s.

Tab.14 Porovnávající parametry daných sít:

Název síta	F - T 40	3-vrstvé Kufferath
Výrobce	Sítos a.s.	Kufferath
$K_1[1/10\text{cm}]$	390	412
$K_2[1/10\text{cm}]$	380	450
$d_{os}[\text{mm}]$	0,300	0,280
$d_{ov}[\text{mm}]$	0,300	0,180
$d_{uv}[\text{mm}]$	0,201	0,200
$d_{usp}[\text{mm}]$	0,201	0,200
$d_{us}[\text{mm}]$	0,450	0,400
$t[\text{mm}]$	1,484	1,068
FSI[-]	130,39	124
CFM[ft/min]	490	414
materiál osnovy vrchní	PES	PES
materiál osnovy spodní	PES	PES
materiál útku vrchního	PES	PES +PAD
materiál útku spodního	PES +PAD 1:1	PES +PAD 1:1
materiál útků spojovacího	PES	PES

### 7.1.8 Výsledky porovnání konkurenčních sít k třívrstvému sítu *F – T64*

#### 5.1.3.1 Identifikace porovnávaných sít

Obchodní název síta	Výrobce síta	Identifikace vazby síta
<b>F – T 64</b>	<b>Sítos a.s.</b>	<b>vícenásobná tkanina spojovacím útkem</b>
Integra	Asten Johnson	vícenásobná tkanina se spojovacím útkem

Vazební charakteristika sít (viz Příloha1)

F-T64 - tento typ vazby je alternativou ke tkanině se spojovacím útkem. V tomto typu provázání jsou dva spojovací útky (modrý a fialový). Důležité pro tuto tkaninu je, že spojovací útky, pokud je tak tedy budeme nazývat, zde tvoří značnou část lícu tkaniny (strana papíru) a jsou tedy z hlediska odvodňování důležité. V textilním průmyslu se u běžných tkanin se spojovacím útkem mají spojovací útky malé průměry, oproti ostatním provazujícím nitím sice nemají plné krytí, ale vzhledem k tomu, že ho provádí tenká útková nit, neprojeví se rušivě ani na líci ani na rubu tkaniny. U formovacího síta F–T64 tvoří spojovací útek značnou část lícního povrchu (strana papíru) a zároveň i spojuje vrchní a spodní osnovu. Z příčného řezu (Příloha1) můžeme vidět, že spodní útek (zelená barva) provazuje v pětivazném atlasu (Pč 3), vrchní útek (oranžová) provazuje v plátně jak se zdá, ale v dalším provázání tento vrchní útek provazuje stejně tzn. že vazbu vlastně netvoří a jedná se o jakýsi vložený útek, útky které provazují s vrchní i spodní tkaninou. Touto skutečností, že útek vrchní provazuje stejně i v následné střídě, může nastat to, že pokud bychom rozřízli nebo nějakým způsobem vypárali spojovací útky dvě tkaniny by nevznikly, ale vznikla by jen dolní tkanina provazující v osnovním atlasu s Pč3.

Integra - tato tkanina je obdobná jako síto firmy Sítos a.s., jedná se také o jakousi obdobu vícenásobného síta se spojovacím útkem s tím rozdílem, že vrchní útky provazují v plátnové vazbě, dolní útky provazují v šesti atlasové vazbě (Pč 2). Zde jen nutno podotknout, že oproti sítu F – T 64 by rozřezání spojovacích útků vznikly dvě

nezávislé tkaniny, z vrchních útků by vznikla tkanina v klasické plátnové vazbě a ze spodních útků by vznikla tkanina v atlasové vazbě. Nicméně spojovací útky opět tvoří povrch především lícu tkaniny (strana papíru) proto vznik dvou tkanin po rozřezání těchto dvou spojovacích útků je jen čistě teoretický

#### Technologická charakteristika

obě síta mají dvě různé osnovy (spodní a vrchní) o různých průměrech, k tomu je potřeba dvou osnovních válců na tkacím stavu, pro konkurenční síto Integra je potřeba nejméně 24 listů (střída osnovy je 24 osnovních nití viz Příloha 1), potom by se navádělo tzv. rozsazeným návodem, kdy spodní osnova by se naváděla do každého lichého listu a vrchní osnova do každého sudého listu, **avšak formovací síto Integra není možné na tkacích stavech firmy Sítos a.s. utkat, dle tab.1 v kapitole Postup výroby..... nenajdeme tkací stav se 24 listy**

Závěr porovnání(viz tab.15):

Formovací síta (třívrstvá síta) typu F-T-64 firmy Sítos a.s. a Integra od firmy Asten Johnson jsou po vazební stránce poněkud odlišná. Jedná se sice o vícenásobné tkaniny se spojovacími útky, ale síto Integra tvoří dvě tkaniny spojené spojovacími útky kdežto u síta F-T64 by po rozřezání spojovacích útků vznikla jen spodní tkanina. Liší se i provázáním spodního útku, který provazuje přes jednu osnovní nit navíc a tvoří tak šestivazný atlas. Vrchní útek (strana formování papíru) provazuje v případě firmy Asten Johnson v plátnové vazbě, u firmy Sítos se jedná spíše o vložený útek, který provazuje v plátnové vazbě, ale netvoří plátnovou střidu. Průměry útků a osnovy v obou případech jsou velice podobné ne-li shodné. Parametry důležité pro formování vláken tedy především CFM jsou shodné, index podpory vláken FSI je u síta F-T64 vyšší což zlepšuje podporu a vlastnosti finální papíroviny. Vyšší FSI podle vzorce p.Berana je dáno především větší téměř dvojnásobnou dostavou útku a osnovy u síta F-T64. Materiál používaný pro osnovu je polyester v obou případech. U spodních útků je u síta firmy Sítos a.s. používán v poměru 1:1 PES a PAD pro lepší oděruvzdornost, u konkurence tedy Asten Johnson je používán jen PES.

Tab.15 Porovnávající parametry daných sít:

Název síta	F-T64	Integra
Výrobce	Sítos a.s.	Asten Johnson
$K_1[1/10\text{cm}]$	620	288
$K_2[1/10\text{cm}]$	500	354
$d_{os}$	0,210	0,210
$d_{ov}$	0,151	0,130
$d_{usp}$	0,170	0,140
$d_{us}$	0,321	0,260
$d_{uv}$	0,170	0,140
$t[\text{mm}]$	0,971	0,910
FSI[-]	189,99	169
CFM[ft/min]	420	430
materiál vrchní osnovy	PES	PES
materiál spodní osnovy	PES	PES
materiál vrchního útku	PES	PES
materiál spodního útku	PES+PAD 1:1	PES
materiál spojovacího útku	PES	PES

## 7.2 Výpočet parametrů důležitých pro papír a jejich srovnání u sít jednovrstvých a vícevrstvých

V této experimentální kapitole jsou spočítány parametry jednotlivých jednovrstvých a vícevrstvých sít, které jsou důležité pro zjištění předpokladů síta pro daný druh papíru. Výpočty těchto parametrů byly vytvořeny na základě praktických, ale teoretických tezí (více v kapitole 5), které vycházejí zejména struktury formovacích sít. Na základě těchto výpočtů bude učiněn závěr a porovnání jednovrstvých a vícevrstvých sít, jejich vhodnost použití pro daný typ papíru a vliv na jeho povrch. V níže uvedených tabulkách jsou uvedené pouze střední hodnoty daných parametrů, hodnoty byly zjištěné vždy na 5 vzorcích od každého síta, statisticky zpracovaná naměřená data jsou obsažena v Příloze 3.

### 7.2.1 Výpočet T-čísla a počtu útků na papírové (lící) straně papíru K<sub>3</sub>

U vícevrstvých sít jsme počítali útky na straně papíru na 1 cm, následně jsme přepočítali počet útků na 10cm. Tyto uvedené hodnoty jsou důležité pro některé výpočty dále uváděné.

T – číslo- je to součet osnovní a útkové metrické dostavy síta na straně papíru. U dvouvrstvých a vícevrstvých sít se uvažuje pouze lící strana síta

K<sub>3</sub> – počet útků na straně papíru (viz kapitola 5.7)

Tab.16 Tabulka parametrů jednotlivých formovacích sít

	K <sub>1</sub> [1/10cm]	K <sub>2</sub> [1/10cm]	T-číslo [1/10cm]	K <sub>3</sub> [1/10cm]	Poměr K <sub>3</sub> / K <sub>2</sub> [%]
F-P32	331	282	<b>613</b>	-----	100
F-P29-C	288	227	<b>515</b>	-----	100
F-D760	598	390	<b>793</b>	<b>195</b>	50,026
F-V761	600	384	<b>856</b>	<b>255</b>	66,476
F-V870	696	524	<b>1046</b>	<b>350</b>	66,895
F-D1640	364	243	<b>486</b>	<b>122</b>	50,082
F-V1640	368	351	<b>602</b>	<b>234</b>	66,591
F-V1660	600	521	<b>945</b>	<b>345</b>	66,206
F-T40	390	380	<b>675</b>	<b>285</b>	75,000
F-T64	620	500	<b>997</b>	<b>377</b>	75,340



Pro vznik kvalitního, vzhledného a neznačeného papíru, musí síto mít co nejvíce dotykových bodů. U jednovrstvých sít se můžeme na výpočet např. dotykových bodů NP počítat s maximální útkovou dostavou, protože útky tvoří jen jednu vrstvu. U dvouvrstvých a třívrstvých sít je důležité, aby z celkové dostavy útků bylo na straně formování papíru co největší procento útků, tedy více styčných bodů. Pokud bychom zahrnuli u vícevrstvých sít pro výpočet celkovou útkovou dostavu bylo by číslo zavádějící, protože spodní útky prakticky nemají vliv na formování a vznik vzhledného papíru. Z tabulky 16 je zřejmé, že logicky nejlépe je tomu splněno u jednovrstvých formovacích sít F-P32 a F-P29-C, mají ale jen jednu soustavu útků a osnovy, což z hlediska životnosti (tahových sil na stroji, oděruvzdornosti) nejsou ideální síta. Dvouvrstvá síta F-D760 a F-D1640 jsou síta, která mají 50 procent útků na straně papíru, je to dáno především tím, že tyto síta jsou tzv. dvouvrstvá a nemají tedy výplňkový útek, který provazuje jen na straně papíru. U sít třívrstvých F-T40 a F-T64 je 75 procent útků na straně papíru, na těchto sítích se tvoří většinou jemný papír s nízkou gramáží, pro hladký povrch bez otisků a značení síta je nutné, aby měl co nejvíce styčných bodů.

### **7.2.2 Výpočet a zhodnocení Indexu podpory vlákna (FSI – Fiber support index)**

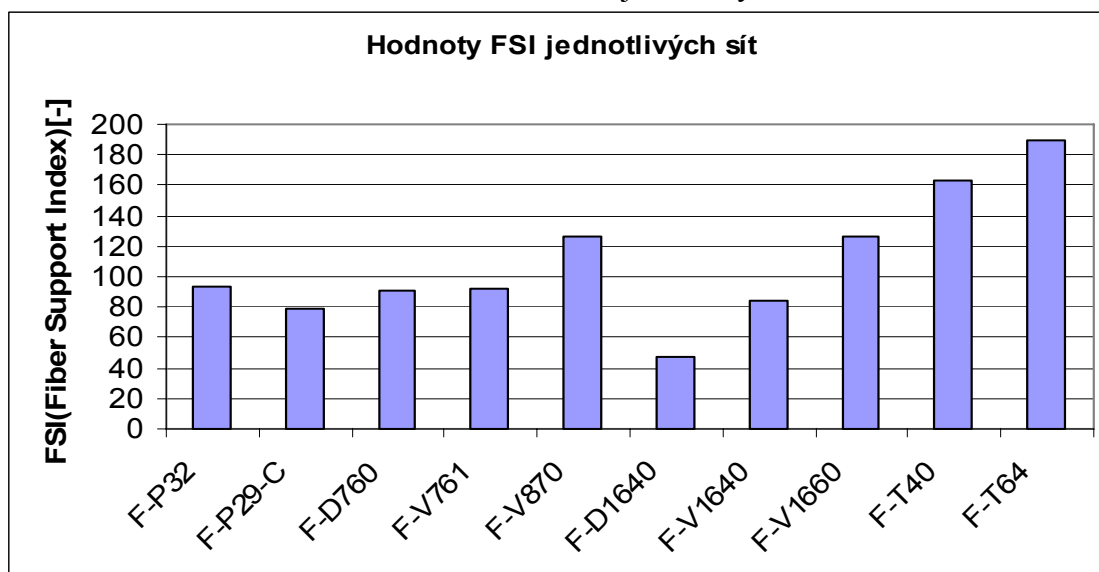
Výpočet indexu FSI je pro výrobce papírenských sít ukazatelem jak síto by teoreticky mohlo podporovat formování a vzniknutí hladkého povrchu papíru, jak již bylo popsáno v kapitole 5. Vychází se z praktických zkušeností, že jednotlivá vlákna papíroviny se lépe formují a ukládají přes útkové vazby (tedy kolmo na útková kolínka) než přes osnovní vazby, pro formování papíru je však z hlediska vazby nejlepší plátnová vazba, která umožňuje papíru nejvíce dotyků a podepření jednotlivých vláken papíru a tím nejmenší výskyt značení síta na papír.

Výpočet FSI se vypočítá podle vzorce (8) a je závislý především na dostavách, zejména na útkových dostavách na straně papíru  $K_3$  a také na indexech, které vyplývají z vazby síta, indexy jsou podrobněji vysvětleny v teoretické části v kapitole 5.4. Indexy byly experimentálně zjištěny pro jednotlivé druhy sít a jsou uvedeny v tabulce 6 v kapitole 5.3.

Tab.17 Tabulka parametrů důležitých pro zjištění indexu FSI

	K <sub>1</sub> [1/10cm]	K <sub>2</sub> [1/10cm]	K <sub>3</sub> [1/10cm]	FSI [-]	koeficient a	koeficient b
F-P32	331	282	-----	<b>94</b>	1,000	0,400
F-P29-C	288	227	-----	<b>79</b>	1,000	0,400
F-D760	598	390	195	<b>91</b>	0,430	0,710
F-V761	600	384	255	<b>92</b>	0,360	0,640
F-V870	696	524	350	<b>126</b>	0,250	0,810
F-D1640	364	243	122	<b>48</b>	0,310	0,690
F-V1640	368	351	234	<b>84</b>	0,310	0,810
F-V1660	600	521	345	<b>126</b>	0,310	0,810
F-T40	390	380	285	<b>163</b>	1,000	1,000
F-T64	620	500	377	<b>190</b>	1,000	1,000

Obr.33 Graf hodnot FSI jednotlivých sít



jednovrstvé síto P – 32 - pětivazný osnovní atlas – příčné útky jsou na dolní rubní straně (na straně stroje) podpora vláken je tedy relativně vysoká ale ne ideální, protože útková vazba je na straně běhu stroje

jednovrstvé síto F- P29-C – vazebně stejné síto jako síto F-P-32, oproti F-P32 je FSI menší protože toto síto má menší útkovou i osnovní dostavu, na které je index závislý

dvouvrstvé síto F-D760 (víceútková tkanina) – na lící straně (strana papíru) je sedmivazný útkový atlas, který zlepšuje podporu vláken při relativně vysoké útkové dostavě  $K_3$

dvou a půlvrstvé síto F-V761 (víceútková tkanina s výplňkovým útkem) – zde se jedná o vazebně podobné síto jako F-D760 ale větší útková dostava na straně papíru  $K_3$  je dána právě výplňkovým útkem, který sice snižuje prodyšnost, ale zároveň tím zvyšuje index FSI

dvou a půlvrstvé síto F-V870 (víceútková tkanina s výplňkovým útkem) – síto kde vrchní i výplňkový útek provazuje v osmivazném atlasu a tím zvyšují  $K_3$  a zároveň tedy i FSI

dvouvrstvé síto F-D1640 – malá útková i osnovní dostava a zároveň větší průměry útkových i osnovních vlaseců zapříčinuje, že na síti jsou větší otvory pro únik vláken a tím i jejich menší podpora, papírovina obsahuje větší části, které musí být odplaveny (více kapitola 7.4)

dvou a půlvrstvé síto F-V1640 – shodná vazba se sítem F-D1640 ale navíc s výplňkovým útkem který zvyšuje útkovou dostavu na straně papíru a tím zvyšuje i podporu (uváznutí) vláken, které tvoří papír

dvou a půlvrstvé síto F-V1660 – naprosto vazebně shodné shodné síto se sítem F-V1640 s tím rozdílem že byly použity menší průměry monofilů, zvýšila se tím i útková dostava, která dává větší index FSI

třívrstvé síto F-T40 – protože toto síto tvoří na své lící straně (strana papíru) plátňovou vazbu má z hlediska vazby nejlepší předpoklady pro podporu vláken tvořících papír, relativně vysoká útková dostava na straně papíru také zvyšuje index FSI

třívrstvé síto F-T64 – opět síto které na své lící straně (strana papíru) provazuje v plátňové vazbě která dává s vysokou útkovou dostavou  $K_3$  maximální podporu vláken papíru

Z tabulky 17 vypočtených hodnot je patrné, že závisí jak na struktuře, vazbě i na konstrukci jednotlivých sít, ale i na dostavách. Pro formování papíru je nejlepší z hlediska vazby síta plátňová vazba, jak již bylo několikrát zmíněno, proto koeficienty a, b jsou největší (maximální) u třívrstvých sít F-T40 a F-T64, na kterých se nejsnadněji dochází k počátečnímu uložení vláken papíru na povrch síta a v praxi by měly nejméně značit do papíru. Malý index FSI jsme zjistili u síta F-D1640, které mají malou dostavu útku oproti ostatním, na povrchu tohoto síta jsou i pouhým okem viditelné větší otvory než u ostatních poměřovaných sít, což koresponduje s praxí, protože toto síto používá pro vznik velmi těžkého pytlového papíru, který v základní papírovině obsahuje velké části (kousky pryskyřice apod.), které musí sítem projít.

### 7.2.3 Výpočet a zhodnocení Indexu odvodnění (DI – Drainage index)

udává počáteční odpor protékání vody sítem, čím je číslo vyšší tím větší odpor proti protékání vody je a tím rychleji a snadněji dojde počátečnímu odvodnění (více v kapitole 5).

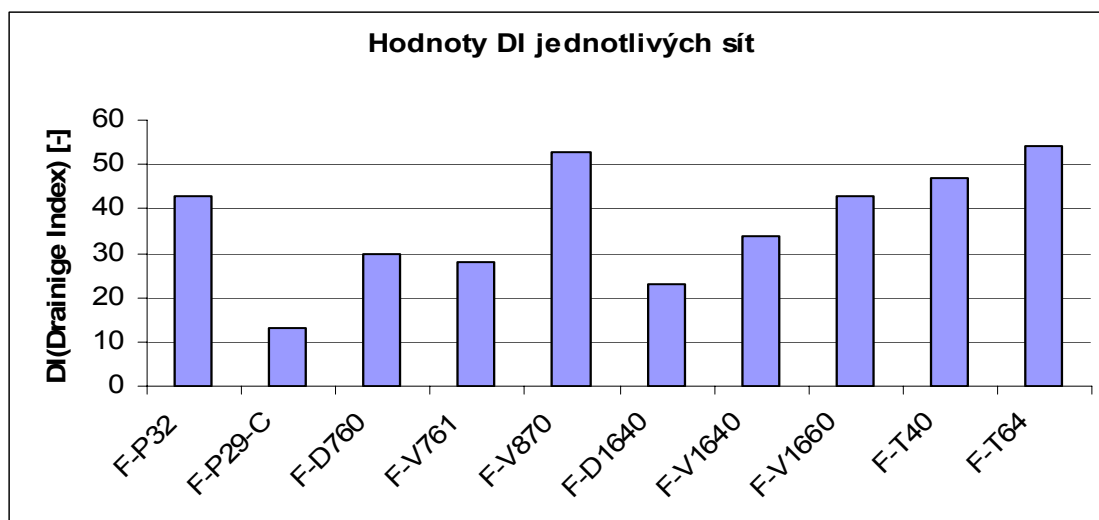
Jak již bylo zjištěno z praktických zkušeností, útková dostava a vystouplá kolínka útku, která jsou kolmá na běh vody, napomáhají k většímu odvodnění. Voda naráží na příčné útky, ztrácí svojí rychlost a rychleji se dostává ven z papíroviny, což je ve formovací části žádoucí.

Proto je vzorec (11) ze kterého je DI vypočítáván závislý především na útkové dostavě na straně papíru a na koeficientu, který je dán vazbou.

Tab.18 Tabulka parametrů důležitých pro zjištění indexu DI

	K <sub>1</sub> [1/10cm]	K <sub>2</sub> [1/10cm]	K <sub>3</sub> [1/10cm]	DI [-]	koeficient b	CFM [ft/min]
F-P32	331	282	-----	<b>43</b>	0,400	594
F-P29-C	288	227	-----	<b>13</b>	0,400	545
F-D760	598	390	195	<b>30</b>	0,710	421
F-V761	600	384	255	<b>28</b>	0,640	441
F-V870	696	524	350	<b>53</b>	0,810	493
F-D1640	364	243	122	<b>23</b>	0,690	543
F-V1640	368	351	234	<b>34</b>	0,810	472
F-V1660	600	521	345	<b>43</b>	0,810	402
F-T40	390	380	285	<b>47</b>	1,000	486
F-T64	620	500	377	<b>54</b>	1,000	422

Obr.34 Graf hodnot DI jednotlivých sít



Nejvyšších hodnot odvodnění jak je vidět z tabulky 18 mají třívrstvá síta F-T64 a F-T40, které mají vzhledem ke své konstrukci velkou útkovou dostavu na straně papíru a z hlediska vazby ty nejlepší předpoklady pro odvodnění. Dvou a půl vrstvé síto F-V870 má jak vysokou útkovou dostavu ze strany papíru, vrchní útek provazuje v osmivazném útkovém atlasu i výplňkový útek provazuje v útkovém atlasu, proto index odvodnění je vysoký.

#### 7.2.4 Zhodnocení prodyšnosti a propustnosti formovacích sít

Propustnost vody je u formovacích sít prvkem, který by měl naznačit jak bude síto schopno odvádět vodu při provozu. V současnosti je problematické tuto užitnou vlastnost síta uvádět jako hlavní veličinu síta. V praxi se tato veličina u sít vůbec neuvádí, protože není k dispozici přístroj na měření propustnosti vody, který by byl přenosný a dal by se použít přímo v papírnách jako aktuální ukazatel požadované veličiny. Nicméně v níže uvedené tabulce 19 tuto vlastnost síta uvádíme. Metod na měření propustnosti vody existují dvě.

Ve školních prostorách TUL se nachází přístroj, který měří tlak při kterém projdou první kapky vody tkaninou. Tento způsob měření propustnosti však je zcela nevhodný

pro tento typ technických textilií, protože papírenské síto odvodňuje za jakéhokoli tlaku, tato metoda se používá pro sportovní bundy u kterých je žádoucí nepromokavost. Potřebujeme tedy znát spíše rychlost odváděné vody. Propustnost jsme tedy měřili na přístroji, který byl zkonstruován ve firmě Sítos a.s. a který měří rychlost odváděné vody viz kapitola 5.3.2.

Prodyšnost vzduchu se měří u papírenských sít proto, protože přístroj na měření prodyšnosti je přenosný a dají se tak zjistit aktuální stav na tkacím stavu nebo i před nasazením na papírenský stroj. Tato užitná vlastnost sít se celosvětově udává jako hlavní ukazatel schopnosti síta odvodňovat i když přístroj sítem profukuje vzduch. Nicméně je to v současnosti hlavní srovnávací veličina, kterou si může snadno ověřit i zákazník, který síto kupuje.

Metody na měření prodyšnosti jsme použili dvě.

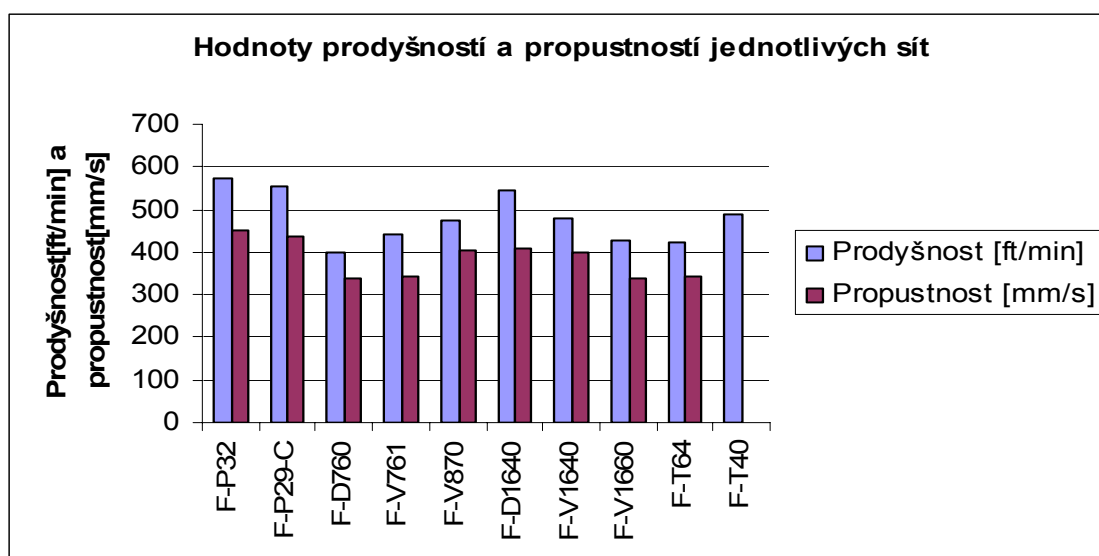
První metodu jsme zvolili přístroj FF – 12/A (více v kapitole 5.2.1), který však má malý rozsah. Prodyšnost sít, která je oproti běžným tkaninám velká, nám tento přístroj nezaznamenal ani při velmi malým tlakových spádech. Pokud tento přístroj nezaznamená hodnotu pro velkou prodyšnost tkaniny, doporučuje se profouknout více vrstev měřené tkaniny. Tato metoda nebyla také použita, protože překrytím vrstev síta vznikne v daný měřený okamžik úplně jiná struktura a konstrukce síta, síto vlastně má v danou chvíli jinou vazbu, jiné provázání. Výsledky by byly zkreslené a nepoužitelné. Použili jsme tedy přístroj PermTest, který vlastní firma Sítos a.s. a který se běžně používá i v ostatních moderních firmách, které vyrábějí papírenská síta všeho druhu.

Hodnoty byly naměřeny v jednotkách CFM (stopy krychlové na stopu čtvereční za minutu), které se standardně měří ve všech firmách, které vyrábějí tento druh tkanin. Tato hodnota CFM byla poté přepočtena do jednotek SI tedy na [m/s] podle vzorce (4)

Tab.19 Tabulka prodyšnosti a propustnosti jednotlivých sít

Název síta	CFM [ft/min]	prodyšnost [m/s]	propustnost [mm/s]	poměr CFM/propustnost
F-P32	<b>573</b>	2,64	<b>450,6</b>	1,27
F-P29-C	<b>553</b>	2,46	<b>438,6</b>	1,26
F-D760	<b>400</b>	1,78	<b>338</b>	1,18
F-V761	<b>441</b>	1,96	<b>343,4</b>	1,28
F-V870	<b>476</b>	2,11	<b>403,4</b>	1,18
F-D1640	<b>543</b>	2,41	<b>408,8</b>	1,32
F-V1640	<b>479</b>	2,13	<b>397,2</b>	1,21
F-V1660	<b>426</b>	1,9	<b>337,6</b>	1,26
F-T40	<b>490</b>	2,18	-----	-----
F-T64	<b>422</b>	1,87	<b>342,1</b>	1,23

Obr.35 Graf hodnot prodyšnosti a propustnosti jednotlivých sít



Výsledky měření jsou uvedeny v tabulce 19, která nám vykazuje rozdílné hodnoty prodyšnosti i propustnosti. Je patrné, že prodyšnost a propustnost mají, ale mezi sebou určitý vztah. Z obr.35 je zřejmé, že tam kde byla naměřena největší prodyšnost byla naměřena i největší propustnost vody (jednovrstvé síto F-P32), tzn. že hodnota prodyšnosti sice nevykazuje hodnotu propustnosti vody, ale dává nám jistou představu o tom jestli síto je více či méně propustné. V současnosti není znám přístroj, který by simuloval tok vody respektive papíroviny, jak se tomu děje z nátokové skříně na papírenském stroji. I přístroj ve firmě Sítos a.s. není zcela ideální na ukazatel skutečného rychlosti odvodnění. Jednak proto, protože v provozu sítím protéká médium

s větší hustotou než samotná vody (tedy papírovina) a také proto, že z nátokové skříně (obr.29) médium teče dynamicky rychlostí při daném tlaku a vytéká také pod určitým úhlem, který je dán různými typy výtokové hlavice papírenského stroje.

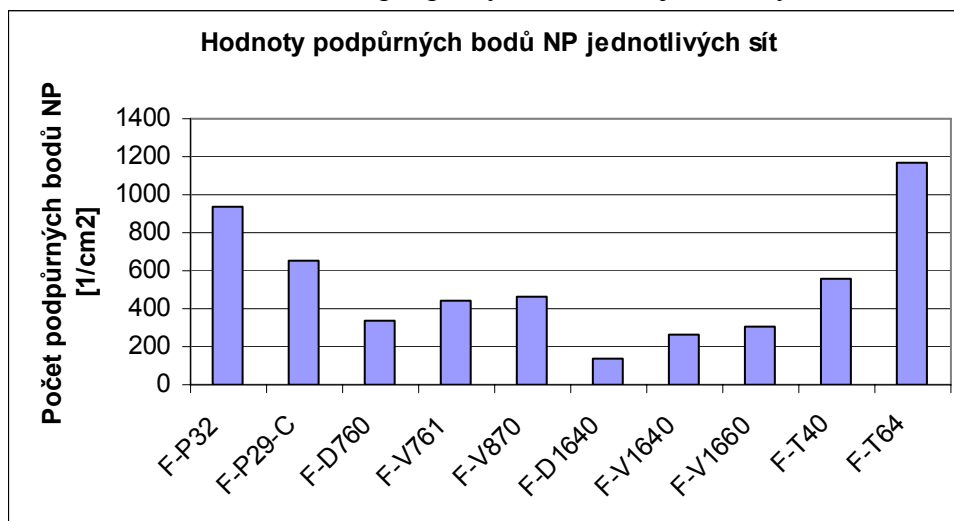
### 7.2.5 Výpočet a zhodnocení NP

počet nosných prvků nám ukazuje kolik bodů podepírá samotný tvořící se list budoucího papíru, čím je číslo větší, tím snadněji vznikne vzhledný, hladký a neznačený papíru (viz kapitola 5.6).

Tab.20 Tabulka nosných prvků sít

	K <sub>1</sub> [1/10cm]	K <sub>2</sub> [1/10cm]	K <sub>3</sub> [1/10cm]	NP [1/cm <sup>2</sup> ]
F-P32	331	282	-----	936
F-P29-C	288	227	-----	654
F-D760	598	390	195	339
F-V761	600	384	255	445
F-V870	696	524	350	464
F-D1640	364	243	122	135
F-V1640	368	351	234	267
F-V1660	600	521	345	300
F-T40	390	380	285	556
F-T64	620	500	377	1169

Obr.36 Graf hodnot podpůrných bodů NP jednotlivých sít





Z výše uvedené tabulky je patrné, že největší počet podpírajících bodů je především u jednovrstvých sít, které mají vysoké dostavy útku i osnovy. Útky a osnovy těchto jednovrstvých sít nezabíhají nikam do struktury síta a všechny se podílejí pro podepření vznikajícího papíru. Proto u vícevrstvých sít se počítá jen s útky na straně papíru a také se zohledňuje z hlediska vazby jejich účast na podepření vláken. Např. u síta F-T64 se počítá s plnou dostavou útku na straně papíru, ale protože má i dvě soustavy osnov tak se počítá také jen s poloviční osnovní dostavou. Nejvyšší počet NP má právě síto F-T64, protože její lící povrch tvoří útky provazující v nejhustší plátnové vazbě a tak dávají ideální předpoklad, že v papíře bude minimální projev značení síta.

### 7.3 Výsledky tahových zkoušek formovacích sít

Účelem tahových zkoušek prováděných ve firmě Sítos a.s. je zjišťovat závislosti napnutí a prodloužení závislosti v oblasti malých napívacích sil (tedy i malých prodloužení), velmi vzdálených od sil způsobujících přetrh. U tkanin je aktuálnější zjišťování závislosti napnutí a prodloužení, především v nižších hodnotách, které jsou v oblasti napnutí při provozu sít.

Zkoušky jsme prováděli vždy jen na třech vzorcích jednotlivého druhu síta, protože i vzorky určené pro laboratorní účely nejsou zrovna nejlevnější. Vzorky museli projít všemi výrobními operacemi a úpravami (mimo spojování), aby mohly ukazovat reálné hodnoty při průběhu tahových zkoušek. U vzorků se spojem jsme použili je jeden vzorek, protože spojování je další nákladná operace, která zvyšuje cenu daného vzorku.

Pro velké množství grafů a statisticky vyhodnocených tabulek jednotlivých sít jsou grafy i tabulky se statistikou součástí Přílohy 4.

Zkoušky jsme prováděli na moderním trhavém zařízení značky Zwick Z 010. Jeden konec vzorku je upnutý v nepohyblivé svorce a druhý v posuvné svorce pohybující se konstantní rychlostí.

Tab.21 Tahové zkoušky prováděné ve firmě Sítos a.s.

		<b>Zkouška pevnosti v tahu</b>	<b>Zkouška cyklickým zatěžováním</b>	<b>Zkouška konstantním zatížením</b>
Šířka	[mm]	50	50	50
Upínací délka	[mm]	500	500	500
Rychlost tahu	[mm/min]	100	100	50
Horní limit síly	[N/cm]	do přetržení	200	200
Doba trvání zkoušky	—	do přetržení	50 cyklů	10 minut
Počet vzorků	[ks]	3	3	3

### 7.3.1 Standardní zkouška tahem (zkouška pevnosti v tahu)

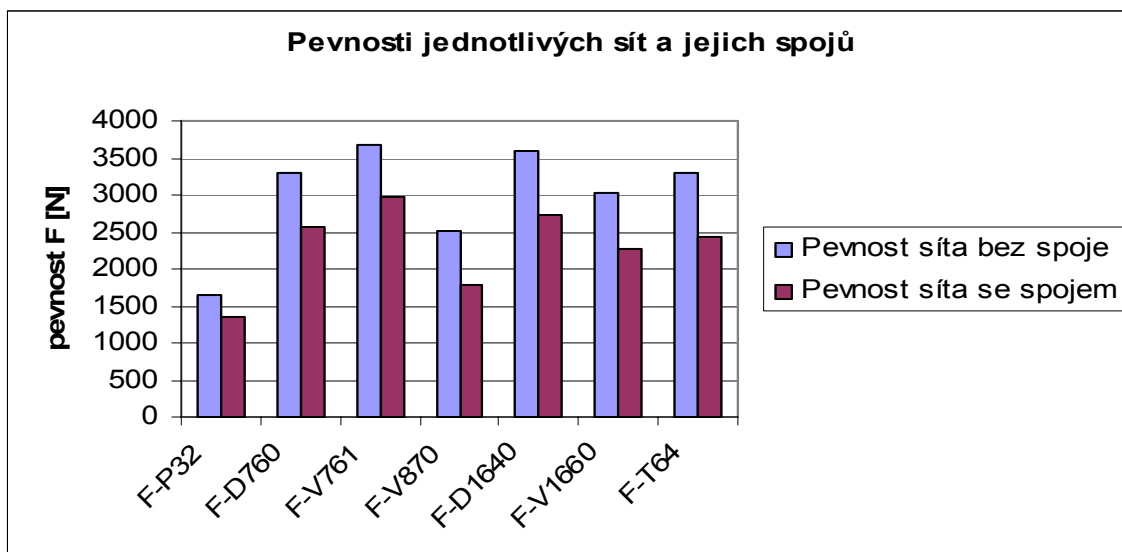
Zkouška je prováděna na 3 vzorcích z jedné tkaniny. Standardní šířka vzorku tkaniny je 50 milimetrů, upínací délka je 500 milimetrů. Vzorek tkaniny je na trhacím zařízení postupně zatěžován do přetrhnutí. Měří se maximální síla  $F_{\max}$  [N] a tažnost  $\varepsilon$  [%] tkaniny při přetrhu.

Výsledky zkoušky se využívají pro zjištění pevnosti v tahu [N/cm] a zjištění míry prodlužování během zatěžování. Je důležité, aby síto mělo několikanásobně vyšší pevnost v tahu než je napínací síla, která působí při běhu síta na papírenském stroji. Zjišťuje se tedy i tažnost při přetrhu a tažnost při 100 a 50N, které odpovídají tahům při provozu. Tažnosti musí být v rozsahu hodnoty, které jsou požadovány pro určitý papírenský stroj. Síto se nesmí příliš prodlužovat, aby nedošlo především k prokluzu na vodících elementech papírenského stroje.

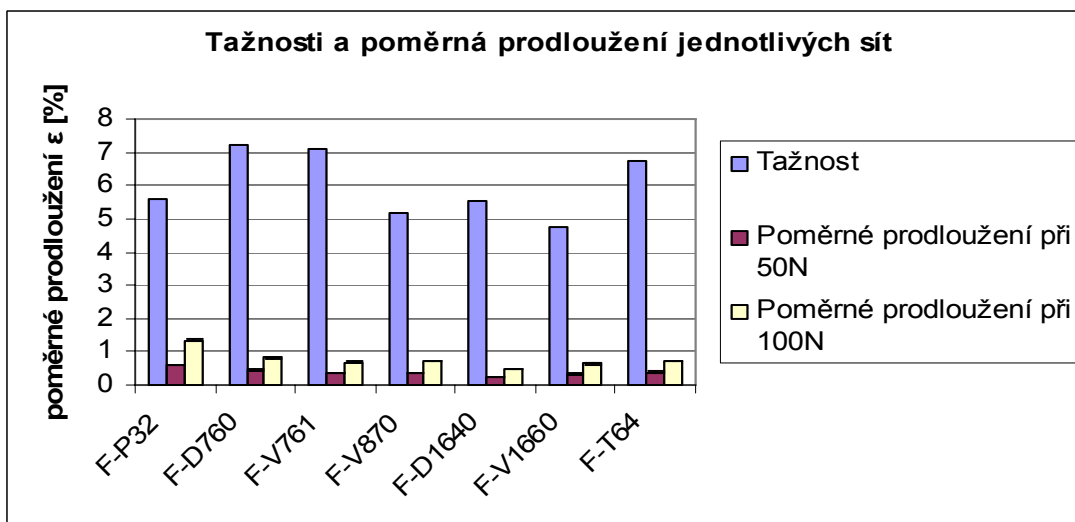
Tab.22 Střední hodnoty jednotlivých sít naměřené při zkoušce pevnosti v tahu

	$F_{\max}$ [N]	$\varepsilon$ [%]	$\varepsilon$ [%] při 50 N	$\varepsilon$ [%] při 100N
F-P32	1647,907	5,590	0,590	1,377
F-D760	3305,283	7,210	0,440	0,817
F-V761	3668,363	7,097	0,363	0,680
F-V870	2506,133	5,193	0,347	0,717
F-D1640	3607,680	5,530	0,240	0,470
F-V1660	3038,447	4,763	0,327	0,647
F-T64	3295,223	6,733	0,380	0,727

Obr.37 Graf hodnot pevností jednotlivých sít a jejich spojů



Obr.38 Graf hodnot tažností a poměrných prodloužení při jednotlivých zatěžovacích silách jednotlivých sít



Největší pevnosti do přetrhu bylo naměřeno u dvouvrstvých sít F-D1640 a F-V761 (viz tab.22). Síto třívrstvé F-T64 vykázalo také vysokou pevnost do přetrhu. Naopak nejmenší pevnost vykázalo jednovrstvé síto F-P32, které má oproti dvouvrstvě a třívrstvě sítům až dvakrát menší pevnost při přetrhu. Poměrné prodloužení je při 50 i 100 N nejvyšší u jednovrstvého síta F-P32. Dvouvrstvá a třívrstvá síta mají až o polovinu menší poměrné prodloužení při stejné zatěžovací síle než síta jednovrstvá. Tažnosti i pevnost při přetrhu jednotlivých sít nejsou až tak důležité, na papírenském stroji se síto za žádných okolností nesmí přetřhnout, tyto hodnoty jsou důležité pro

srovnání s pevností tkaného spoje daného síta. Největší celkovou tažnost vykazali síta F-D760, F-V760 a F-T64 které se zároveň přetrhla i při největších zatěžovacích silách.

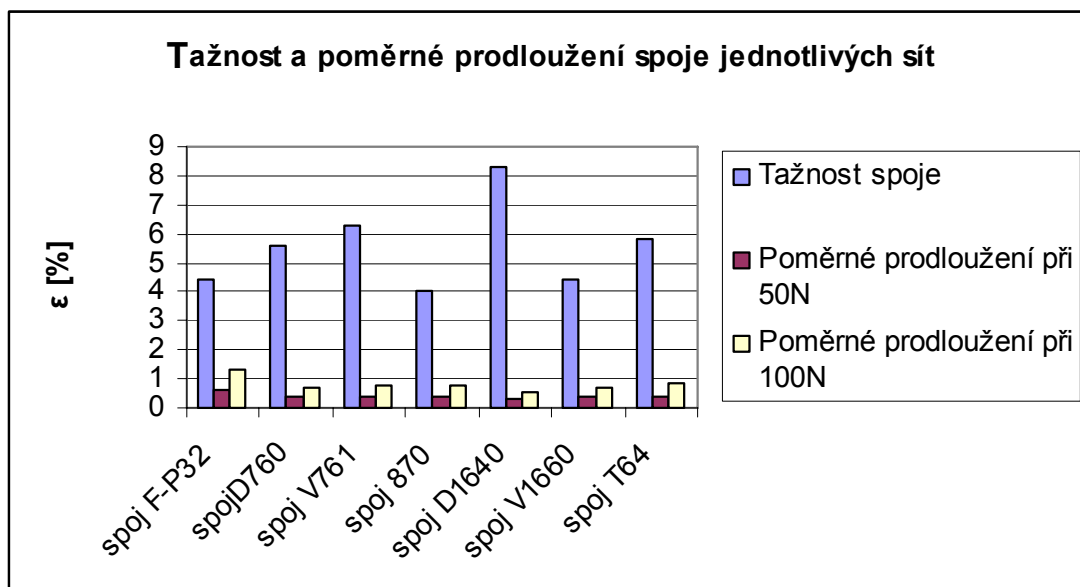
### 7.3.2 Zkouška pevnosti spoje

Zkouší se pevnost v přetrhu. Pevnost v přetrhu ovlivňuje šířka vzorku ještě více než u vzorků tkaniny. Platí stejná zkušenost: čím je vzorek užší, tím je pevnost vztažená na jednotku šířky vzorku (cm) menší. Pro plastová síta se spoji, není důležitá pevnost při úplném rozdělení tkaniny, ale tahové napnutí, při prvním posunu zatkaných konců osnov. Tato hodnota je stanovena hmatem na spoj v průběhu zkoušky a je velmi subjektivní. Důležité jsou srovnávací zkoušky stejně širokých vzorků tkaniny se spojem a bez spoje. Pevnost spoje se pak udává v procentech pevnosti tkaniny, měla by dosahovat minimálně 70% pevnosti síta.

Tab.23 Střední hodnoty jednotlivých sít naměřené při zkoušce pevnosti v tahu spojů

	Fmax [N]	$\epsilon$ [%]	$\epsilon$ [%] při 50 N	$\epsilon$ [%] při 100N	Fspoj/F síta [%]
spoj F-P32	1346,63	4,39	0,62	1,35	81,72
spoj D760	2580,66	5,57	0,35	0,70	78,08
spoj V761	2963,34	6,32	0,37	0,78	80,78
spoj 870	1789,28	4,02	0,36	0,74	71,40
spoj D1640	2720,78	8,33	0,29	0,52	75,42
spoj V1660	2259,78	4,46	0,35	0,71	74,37
spoj T64	2420,67	5,82	0,39	0,83	73,46

Obr.39 Graf hodnot tažností a poměrných prodloužení při jednotlivých zatěžovacích silách jednotlivých spojů sít



Z naměřených hodnot v tabulce 23 a grafu na obr.37 je patrné, že všechny spoje splnili svou poměrnou pevnost vůči pevnosti samotného síta, která musí dosahovat minimálně 70% samotného síta. Nejvyšší poměrné prodloužení vykázalo jednovrstvé síto se spojením, jehož prodloužení je oproti dvouvrstvým a třívrstvým sítům až dvounásobné graf na obr.39.

### 7.3.3 Zkouška poměrného prodloužení při cyklickém zatěžování

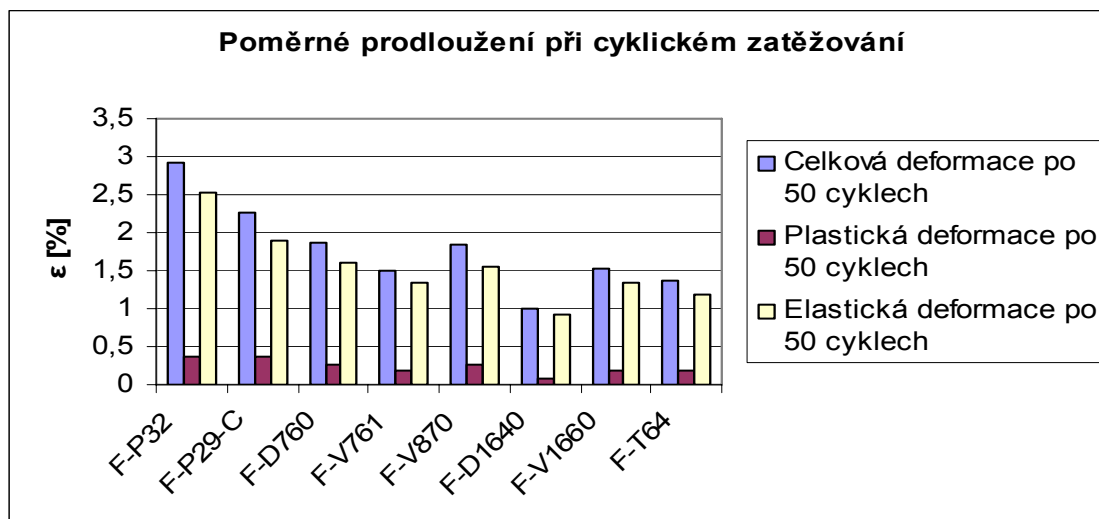
Vzorek je na trhacím zařízení cyklicky zatěžován do maximální zatěžovací síly 200 N/cm. Měří se prodloužení tkaniny. Zkouška se snaží simulovat stavy při běhu síta na papírenském stroji. Na papírenském stroji dochází k opakovanému pulzujícímu namáhání v tahu, pro které je charakteristické pravidelné kolísání napětí mezi maximální a minimální hodnotou. Tkanina musí být při provozu síta značně napnutá, protože síto jako dopravní pás roztáčí všechny válečky sítové části a současně musí překonávat sílu tření na nepohyblivých odvodňovacích částech (obr.29). Napnutí není stále, ale mění se za poměrně krátký interval jednoho oběhu síta od minimální do

maximální hodnoty. Zvyšování napnutí je plynulé, ale jeho pokles je náhlý. Zjišťuje se proto poměrné prodloužení, které je plynule zatěžováno do 200 N/cm při náhlém poklesu, to vše v padesáti cyklech.

Tab.24 Střední hodnoty jednotlivých sít naměřené  
při zkoušce cyklickým zatěžováním

	$\varepsilon$ celková [%]	$\varepsilon$ plastická [%]	$\varepsilon$ elastická [%]
F-P32	2,918	0,379	2,539
F-P29-C	2,261	0,374	1,885
F-D760	1,857	0,255	1,602
F-V761	1,511	0,176	1,335
F-V870	1,839	0,265	1,547
F-D1640	0,989	0,066	0,923
F-V1660	1,531	0,186	1,345
F-T64	1,371	0,177	1,194

Obr.40 Graf hodnot jednotlivých deformací při cyklickém zatěžování(50cyklů) do 200N/cm jednotlivých sít



Nejvíce se opět celkově prodloužilo jednovrstvá síta F-P32, F-P29-C oproti vícevrstvým sítům až dvounásobně (viz tab24 a graf na obr.40). Nejmenší plastická (trvalá) deformace byla naměřena u síta F-D1640, což může být způsobeno tím, že má oproti ostatním sítům až dvounásobné průměry vlásců a tím i větší tloušťku. Plastická(trvalá) deformace je znatelně lepší u vícevrstvých sít oproti jednovrstvým sítům (F-P32,F-P29-C).

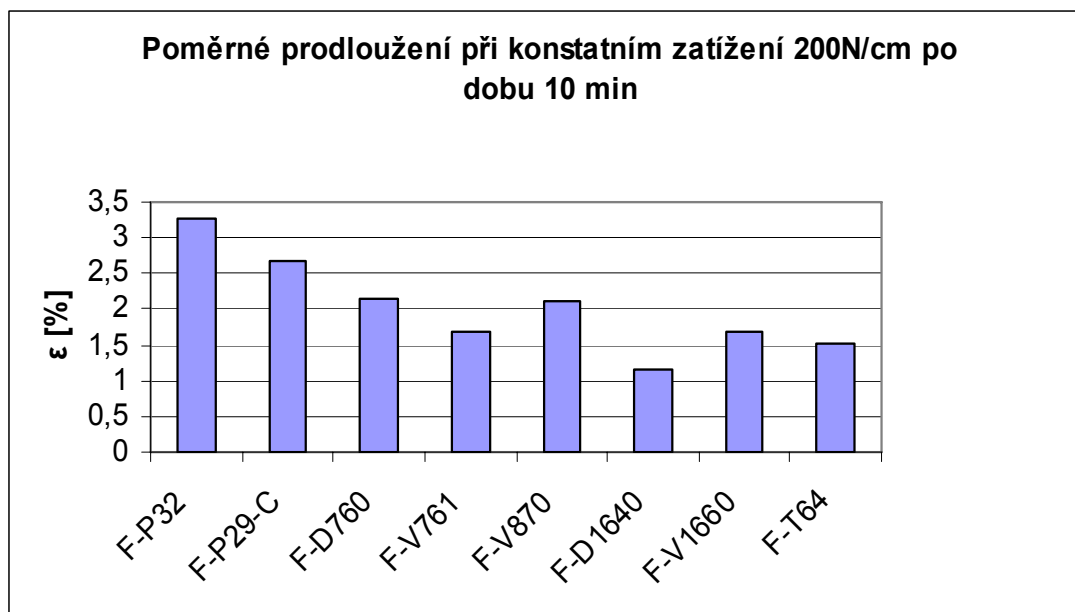
### 7.3.4 Zkouška poměrného prodloužení při konstantním zatěžování

Kontrolní pás je na trhacím zařízení konstantně zatížen do maximální zatěžovací síly 200 N/cm po dobu 10 minut. Měří se celkové prodloužení tkaniny.

Tab.25 Střední hodnoty jednotlivých sít naměřené při zkoušce konstantním zatížením

	$\varepsilon$ celková [%]	F [N/cm]
F-P32	3,28	200,54
F-P29-C	2,67	200,69
F-D760	2,13	200,93
F-V761	1,69	201,60
F-V870	2,12	201,01
F-D1640	1,15	202,80
F-V1660	1,69	201,31
F-T64	1,52	201,58

Obr.41 Graf hodnot poměrných prodloužení při konstantním zatížení jednotlivých sít



Touto tahovou zkouškou s konstantním zatížením jsme opět zjistili (viz tab.25 a graf na obr.41), že nejvíce se prodloužili jednovrstvá síta F-P32 a F-P29-C a to až dvounásobně oproti třívrstvému sítu F-T64. Nejméně se opět vydloužilo dvouvrstvé síto F-D1640, které má oproti ostatním tkaninám větší tloušťku i větší zatkané vlasce.

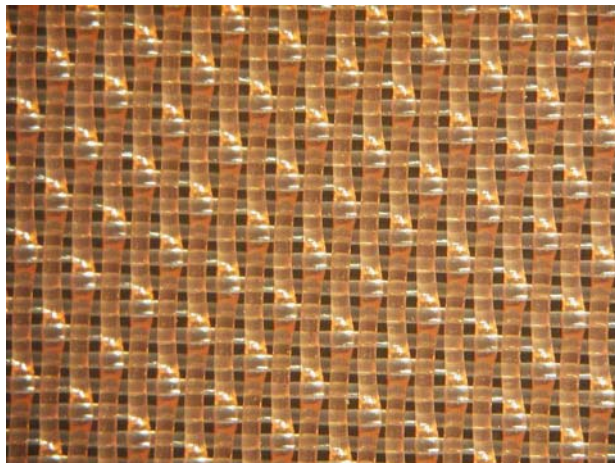


## 7.4 Vhodné použití typů sít pro jednotlivé druhy papíru

Z kapitoly 5 víme, že doporučit dané síto na jednotlivé druhy papíru není snadné. Aby papír měl správnou tloušťku, povrch a specifické vlastnosti musíme doporučit takové síto, které respektuje hlavně typ vvráběného papíru (délku vláken, konzistenci papíroviny tedy základní materiál-celulóza nebo sběrový papír), standardní rychlosti i napnutí papírenského stroje. Pokud bychom například použili třívrstvé síto F-T64 na těžký papír zvaný test liner nebo pytlový papír, který se vyrábí ze sběrového papíru obsahující např. pryskyřice tedy větší části, které musí ze síta ven, tak toto třívrstvé síto by se zaneslo. Proto musíme zohlednit všechny vlastnosti, jak vyráběného papíru tak i vlastnosti síta a to jak mechanické tak i vlastnosti dané strukturou. Síto by tedy nemělo značit, což vyžaduje vlasce o malých průměrech a vysokých dostavách, aby byla zajištěna vysoká podpora vláken budoucího papíru a vlákna se mohla při počáteční formaci dobře formovat. Tato práce se snaží aplikovat a využít vypočtené parametry z předešlých kapitol, využít a převést tak soubor čísel k praktickým účelům.

Každé síto uvedené v jednotlivých tabulkách bude podrobněji rozebráno a jednotlivé výpočty a parametry budou využity k doporučení vhodného typu papíru. Protože jednotlivých papírů je velké množství nebudeme přesně specifikovat přesný druh papíru na který se síto používá, bylo by to i velice zavádějící, protože některá síta se používají na různé druhy jemných či těžších papírů.

#### 7.4.1 Jednovrstvé síto F-P32



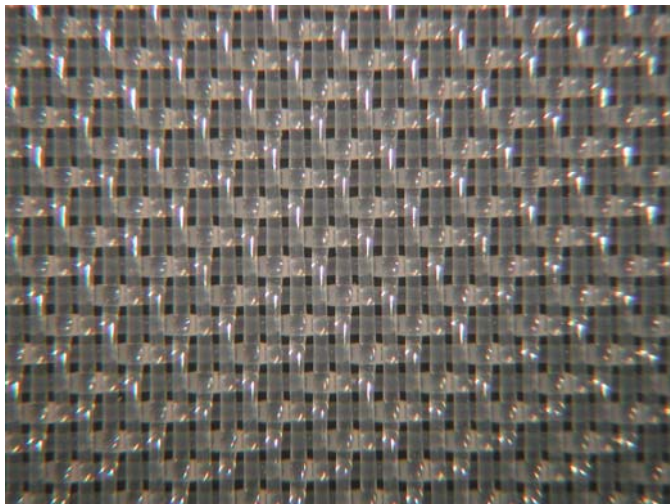
Obr.42 Lící strana (strana papíru) síta F-P32

Tab.26 Parametry naměřené pro dané síto

<b>Konstrukční parametry</b>	$K_1$ [1/10cm]	$K_2$ [1/10cm]	$K_3$ [1/10cm]	$d_o$ [mm]	$d_u$ [mm]
F-P32	331	283	-----	0,17	0,22
<b>Užitné parametry</b>	T-číslo [1/10cm]	FSI [-]	DI [-]	NP [1/cm <sup>2</sup> ]	CFM [ft/min]
F-P32	614	94	41	936	573

Z hlediska vazby (viz příloha 1) se jedná se o pětivazný osnovní atlas s poměrně vysokou dostavou jak po útku tak i po osnově a malých průměrech použitých vlasců se může použít na výrobu velice jemného papíru nízkých gramáží (tissue, i toaletní papír). Velký počet podpůrných bodů (NP) dává dobré předpoklady k dobré formaci a utváření budoucího papíru, papír bude vzhledný s minimálním značením síta. Vysoký index podpory vlákna FSI a index odvodnění DI umožňuje krátkým a jemným vláknům papíru dobré počáteční podepření vláken na povrchu síta. Nevýhodou tohoto je relativně velké prodloužení při napínacích silách (viz tabulky v kapitole 7.3), takže tento typ síta se nedá použít na rychloběžných strojích, kde tyto tahové síly jsou větší než u pomaloběžných papírenských strojů.

#### 7.4.2 Jednovrstvé síto F-P29-C



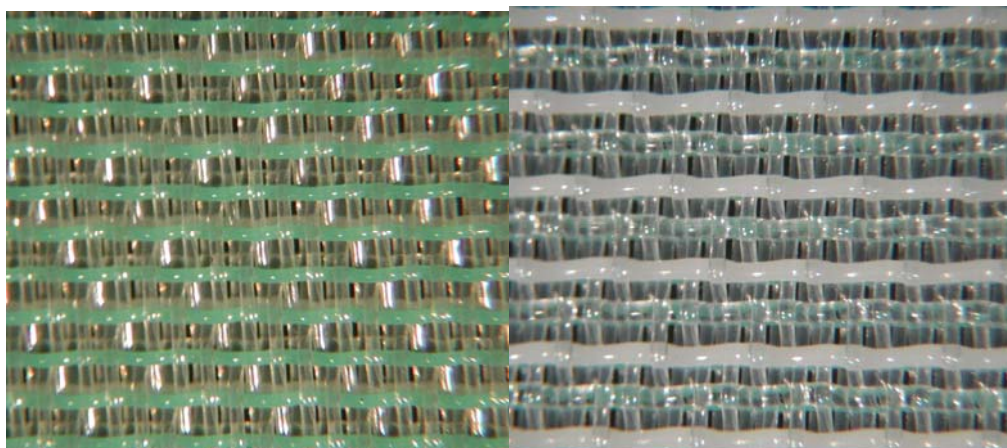
Obr.43 Lící strana (strana papíru) síta F-P29-C

Tab.27 Parametry naměřené pro dané síto

<b>Konstrukční parametry</b>	$K_1$ [1/10cm]	$K_2$ [1/10cm]	$K_3$ [1/10cm]	$d_o$ [mm]	$d_u$ [mm]
F-P29-C	288	227	-----	0,22	0,27
<b>Užitné parametry</b>	T-číslo [1/10cm]	FSI [-]	DI [-]	NP [1/cm <sup>2</sup> ]	CFM [ft/min]
F-P29-C	515	80	13	654	553

Použitá vazba je osnovní pětivazný atlas. Dostavy osnov i útků jsou menší než u síta F-P32 (viz tab.27) I použité vlasce jsou většího průměru než u předešlého síta. Počet podpůrných bodů je také menší než u předešlého síta, nicméně toto síto má dobré vlastnosti pro formování jemného papíru, ale o vyšších gramážích než u síta F-P32 ( novinový, tiskový papír). Poměrně vysoké hodnoty indexů FSI i DI, dávají dobré předpoklady pro počáteční formování a propletení jednotlivých papírenských vláken. Opět jedná se jednovrstvé síto, které lze použít při malých rychlostech papírenského stroje, protože jeho hodnoty poměrného prodloužení i pevnosti by byla při vyšších rychlostech papírenského stroje nevyhovující (viz tabulky v kapitole 7.3).

### 7.4.3 Dvouvrstvé síto F-D760



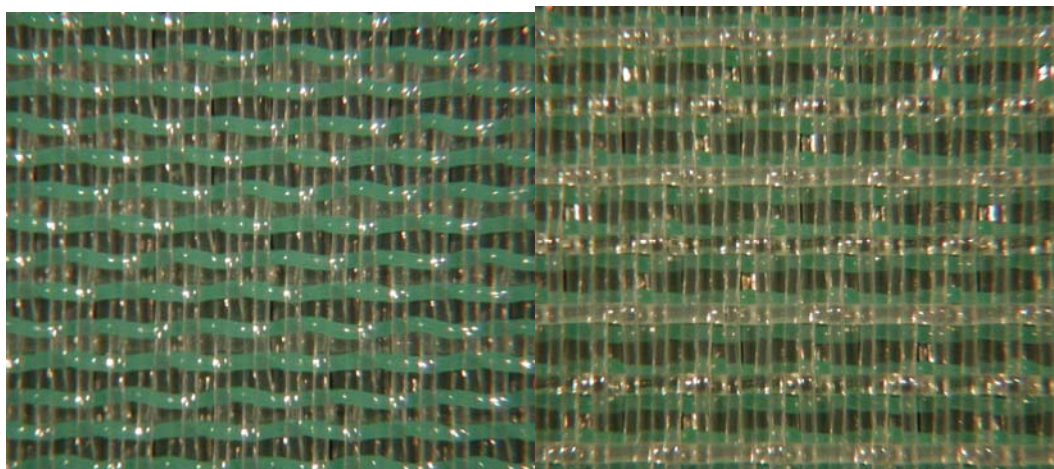
Obr.44 Lící strana(strana papíru-vlevo)  
a rubní strana (strana stroje – vpravo)  
síta F-D760

Tab.28 Parametry naměřené pro dané síto

<b>Konstrukční parametry</b>	$K_1$ [1/10cm]	$K_2$ [1/10cm]	$K_3$ [1/10cm]	$d_o$ [mm]	$d_u$ [mm]
F-D760	598	390	195	0,17	0,17 vrchní 0,25 spodní
<b>Užitné parametry</b>	T-číslo [1/10cm]	FSI [-]	DI [-]	NP [1/cm <sup>2</sup> ]	CFM [ft/min]
F-D760	794	91	28	339	400

Vyšší dostavy útků na straně papíru i dostava osnovy dává průměrný počet podpůrných bodů, což z hlediska značení papíru není zcela ideální, papír vznikne jemný, ale ne zcela kvalitní co se týče povrchu papíru. Poměrně vysoký index podpory vláken dává papírenským vláknům dobré předpoklady k jejich počátečnímu uložení. Protože se jedná o víceútkovou tkaninu tak její mechanické vlastnosti jsou lepší než u jednovrstvých sít. Větší průměry vlasců na rubní straně (strana stroje) dávají sítu lepší odolnost proti opotřebení i poměrné prodloužení a pevnost síta je lepší než u jednovrstvých sít(viz tabulky v kapitole 7.3).

#### 7.4.4 Dvou a půl vrstvé síto F-V761



Obr.45 Lící strana(strana papíru-vlevo)  
a rubní strana (strana stroje – vpravo)  
síta F-V761

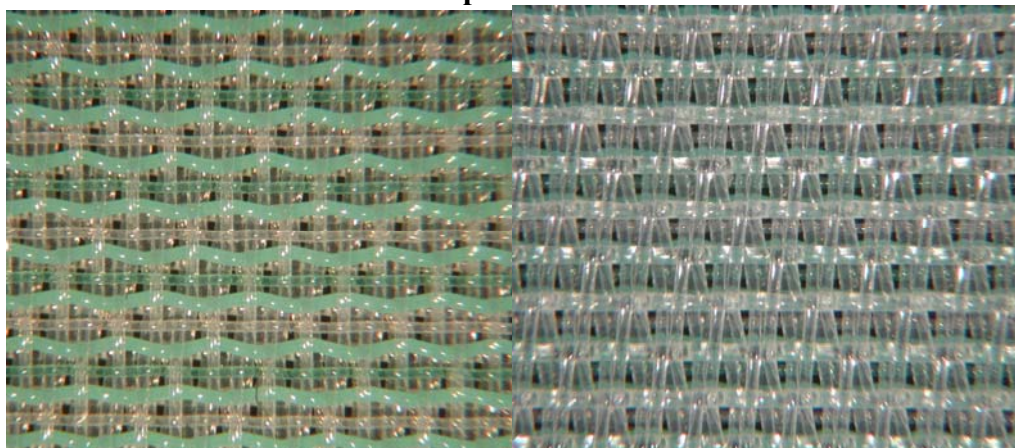
Tab.29 Parametry naměřené pro dané síto

Konstrukční parametry	$K_1$ [1/10cm]	$K_2$ [1/10cm]	$K_3$ [1/10cm]	$d_o$ [mm]	$d_u$ [mm]
F-V761	601	384	255	0,17	0,17 vložený 0,17 vrchní 0,22 spodní
Užitné parametry	T-číslo [1/10cm]	FSI [-]	DI [-]	NP [1/cm <sup>2</sup> ]	CFM [ft/min]
F-V761	856	92	28	445	441

Jedná se o shodnou vazbu jako u síta F-D760 s tím rozdílem, že na vrchní lící straně provazuje navíc tzv.výplňkový útek malého průměru, který zvyšuje útkovou dostavu na straně papíru a tím vznikne i více podpůrných bodů pro vznikající papír. Může se zde tvořit jemné kvalitní papíry o nízké gramáži s lepším povrchem a minimálním značením síta než u síta F-D760.



#### 7.4.5 Dvou a půl vrstvé síto F-V870



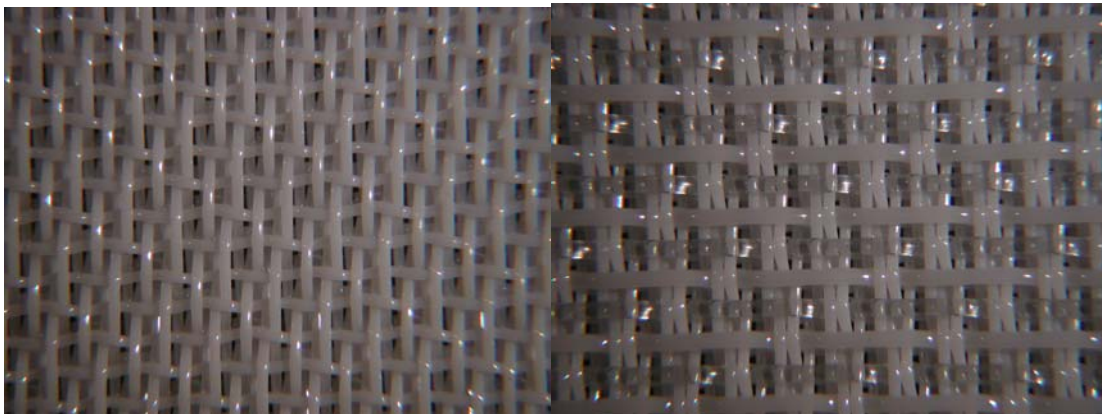
Obr.46 Lící strana(strana papíru-vlevo)  
a rubní strana (strana stroje – vpravo)  
síta F-V870

Tab.30 Parametry naměřené pro dané síto

Konstrukční parametry	$K_1$ [1/10cm]	$K_2$ [1/10cm]	$K_3$ [1/10cm]	$d_o$ [mm]	$d_u$ [mm]
F-V870	696	524	351	0,15	0,17 vrchní 0,13 vložený 0,20 spodní
Užitné parametry	T-číslo [1/10cm]	FSI [-]	DI [-]	NP [1/cm <sup>2</sup> ]	CFM [ft/min]
F-V870	1047	126	51	464	476

Dvou a půlvrstvé síto s vysokou postavou osnovy i útku na straně papíru  $K_3$ . Mezi dvouvrstvými a dvou a půl vrstvémi síty je to síto s největším počtem podpůrných bodů a zároveň s nejmenšími průměry útků i osnov. Vysoké indexy FSI i DI dávají ty nejlepší předpoklady pro dobrou podporu i kratších a jemnějších celulózových vláken. Na tomto síti se bude tvořit velmi jemný papír nízké gramáže. Protože se jedná o víceútkovou tkaninu i z hlediska mechanických vlastností toto síto bude vyhovovat vysokým požadavkům vysokorychlostních papírenských strojů. Hodnoty poměrného prodloužení i pevnosti jsou dobré pro běh na těchto strojích (viz tabulky v kapitole 7.3).

#### 7.4.6 Dvouvrstvé síto F-D1640



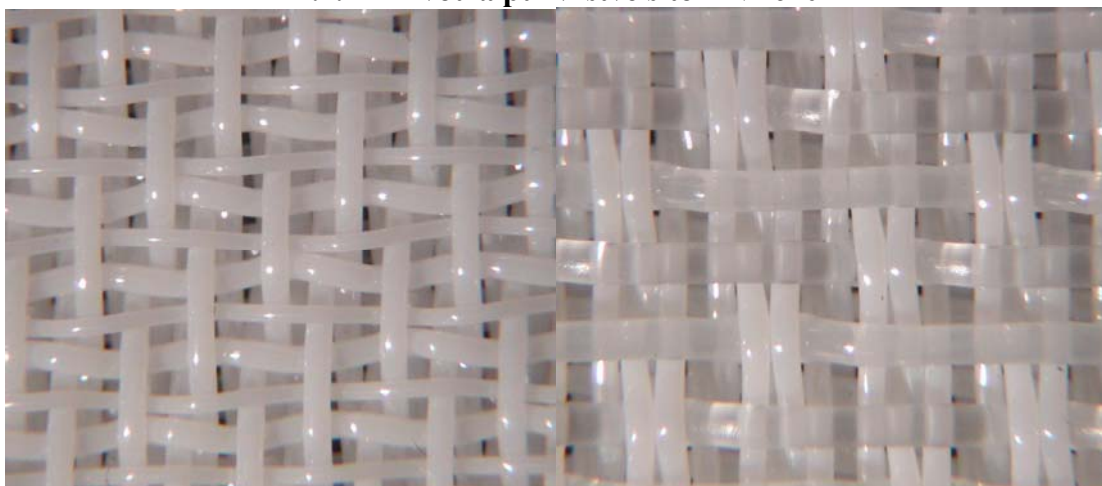
Obr.47 Lící strana(strana papíru-vlevo)  
a rubní strana (strana stroje – vpravo)  
síta F-D1640

Tab.31 Parametry naměřené pro dané síto

<b>Konstrukční parametry</b>	$K_1$ [1/10cm]	$K_2$ [1/10cm]	$K_3$ [1/10cm]	$d_o$ [mm]	$d_u$ [mm]
F-D1640	364	244	122	0,3	0,30 vrchní 0,45 spodní
<b>Užitné parametry</b>	T-číslo [1/10cm]	FSI [-]	DI [-]	NP [1/cm <sup>2</sup> ]	CFM [ft/min]
F-D1640	486	48	23	135	543

Dvouvrstvé síto malé dostavy  $K_3$  i dostavy osnovy (tab.31). Největší průměry vlasců osnov i útků ze všech porovnávaných sít. Menší počet podpůrných bodů spolu s velkými průměry vlasců dávají vznik menšího počtu větších otvorů ve tkanině. Proto se na tomto síti bude formovat těžší papír s velkou gramáží (test liner, fluting, pytlový papír). Tento papír se vyrábí ze hrubého sběrového papíru. Tato papírovina obsahuje mimo potřebných vláken tvořící papír také různé části, které jsou v papíru nežádoucí, např.pryskyřici atd., která musí spolu s vodou sítem projít právě většími otvory síta.

#### 7.4.7 Dvou a půl vrstvé síto F-V1640



Obr.48 Lící strana(strana papíru-vlevo)  
a rubní strana (strana stroje – vpravo)  
síta F-V1640

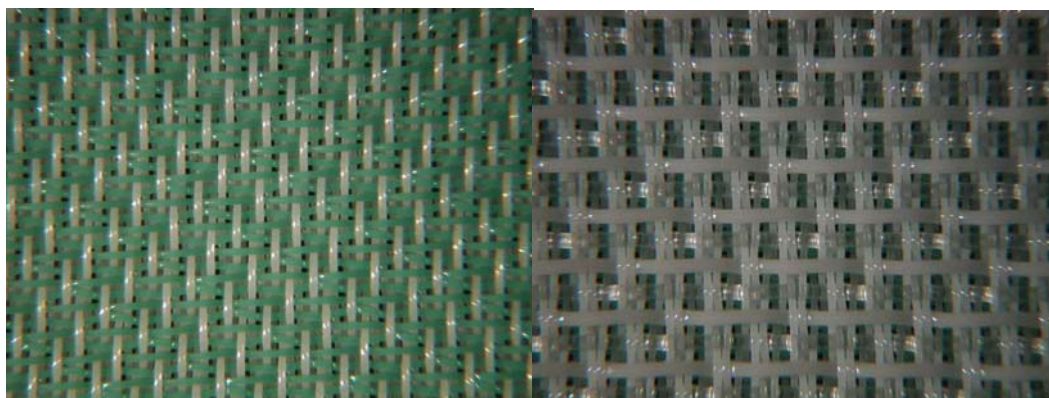
Tab.32 Parametry naměřené pro dané síto

Konstrukční parametry	$K_1$ [1/10cm]	$K_2$ [1/10cm]	$K_3$ [1/10cm]	$d_o$ [mm]	$d_u$ [mm]
F-V1640	368	351	234	0,3	0,30 vrchní 0,20 vložený 0,45 spodní
Užitné parametry	T-číslo [1/10cm]	FSI [-]	DI [-]	NP [1/cm <sup>2</sup> ]	CFM [ft/min]
F-V1640	602	84	34	267	479

Téměř shodné síto se sítem F-D1640 s tím rozdílem, že má zatkaný navíc výplňkový útek(viz Příloha 1). Více podpůrných bodů tedy menší otvory pro únik vody dávají papíru lepší povrch bez značení. Bude se na něm tvořit opět papír těžké gramáže(obdobně jako u síta F-D1640), protože otvory jsou oproti ostatním sítům daleko větší, musí jimi projít opět nejen voda, ale i části, které do papíru nepatří. Výplňkový útek dodává formovaným vláknům papíru lepší možnost počátečnímu pokládání vláken papíru.



#### 7.4.8 Dvou a půl vrstvé síto F-V1660



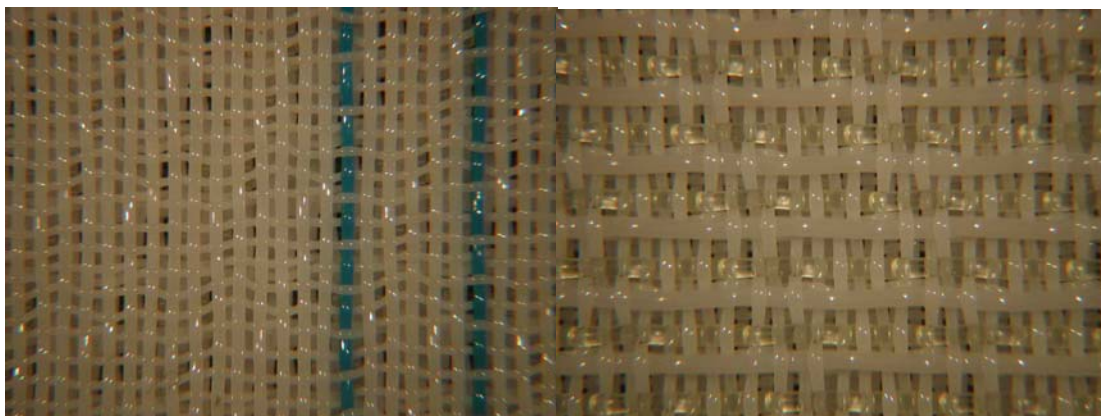
Obr.49 Lící strana(strana papíru-vlevo)  
a rubní strana (strana stroje – vpravo)  
síta F-V1660

Tab.33 Parametry naměřené pro dané síto

Konstrukční parametry	$K_1$ [1/10cm]	$K_2$ [1/10cm]	$K_3$ [1/10cm]	$d_o$ [mm]	$d_u$ [mm]
F-V1660	600	521	345	0,17	0,17 vrchní 0,17 vložený 0,32 spodní
Užitné parametry	T-číslo [1/10cm]	FSI [-]	DI [-]	NP [1/cm <sup>2</sup> ]	CFM [ft/min]
F-V1660	945	126	46	300	426

Síto shodné vazby jako síto F-V1640 s výplňkovým útkem. Byly použity až dvakrát menší průměry osnov i útků než u síta F-V1640 což ovlivnilo dostavu osnovy i důležitou dostavu útku na straně papíru  $K_3$ , proto se na tomto síti bude vytvářet jiný druh papíru než na síti F-V1640, přestože má shodnou vazbu s tímto sítem. Více podpůrných bodů a tedy i vyšší index počáteční podpory vláken papíru dávají dobré předpoklady na zformování jemného papíru nižších gramáží. Dobrá pevnost v tahu i dobré poměrné prodloužení (viz tabulky v kapitole 7.3) jsou dostačující pro provoz na rychloběžných papírenských strojích.

#### 7.4.9 Třívrstvé síto F-T40



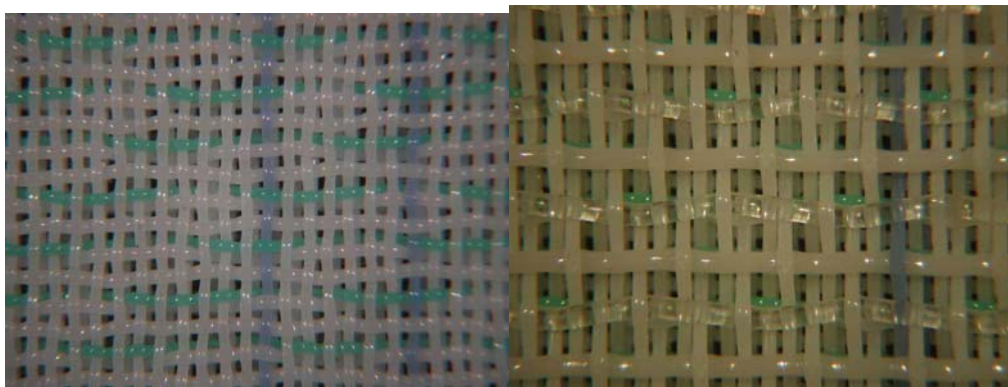
Obr.50 Lící strana(strana papíru-vlevo)  
a rubní strana (strana stroje – vpravo)  
síta F-T40

Tab.34 Parametry naměřené pro dané síto

Konstrukční parametry	$K_1$ [1/10cm]	$K_2$ [1/10cm]	$K_3$ [1/10cm]	$d_o$ [mm]	$d_u$ [mm]
F-T40	390	380	285	0,30 0,30	0,20 vrchní 0,20 vložený 0,45 spodní
Užitné parametry	T-číslo [1/10cm]	FSI [-]	DI [-]	NP [1/cm <sup>2</sup> ]	CFM [ft/min]
F-T40	675	163	47	556	489

Lící stranu tohoto třívrstvé síta se dvěma soustavami osnov i útků tvoří nejideálnější plátňová vazba. Větší průměry osnov i útků a oproti ostatním sítům poměrně malé dostavy útku i osnovy jsou předpokladem pro formování a vznik těžšího papíru (vysoká gramáž). Oproti sítům F-D1640 a F-V1640 však tento těžký papír bude mít lepší povrch bez známky značení síta. Vysoký počet podpůrných bodů dává vláknům papíru maximální počáteční podepření na síti, rychlejší a lepší propletení, lepší rovnoměrnost vznikajícího papíru. Rubní strana je tvořena osnovami a útky o větších průměrech, což je pro odolnost proti odírání ideální.

#### 7.4.10 Třivrstvé síto F-T64



Obr.51 Lící strana(strana papíru-vlevo)  
a rubní strana (strana stroje – vpravo)  
síta F-T64

Tab.35 Parametry naměřené pro dané síto

Konstrukční parametry	$K_1$ [1/10cm]	$K_2$ [1/10cm]	$K_3$ [1/10cm]	$d_o$ [mm]	$d_u$ [mm]
F-T64	620	500	377	0,21 0,15	0,17 vložený 0,20 vrchní 0,32 spodní
Užitné parametry	T-číslo [1/10cm]	FSI [-]	DI [-]	NP [1/cm <sup>2</sup> ]	CFM [ft/min]
F-T64	997	190	54	1169	422

Třivrstvé síto F-T64 je síto na kterém se v současnosti tvoří papír té nejlepší kvality. Toto síto je vytvořeno pro vznik toho nejjemnějšího a co do tloušťky i velmi slabého papíru s velice hladkým povrchem. Plátňová vazba na lící straně síta s vysokou dostavou útkovou na straně papíru  $K_3$  i vysokou dostavu dávají vůbec nejvyšší počet podpůrných bodů ze všech sít. Malé průměry útků spolu s vysokou dostavou dávají velký počet malých otvorů na lící straně síta, což zvyšuje samotnou podporu vláken (FSI) a zároveň zvyšuje retenci velmi malých částec, které zlepšují opacitu (průhlednost, resp. neprůhlednost) a další důležité vlastnosti pro zlepšení kvality papíru. Na rubní straně jsou vlasce většího průměru (PES a PAD), které tvoří z pohledu rubní strany útkový atlas, který je výhodný pro odolnost proti oděru. Protože se toto síto má i dvě soustavy osnov, které leží nad sebou, spodní osnova je také většího průměru a odírá

společně s dolními útky. Odírá se tak větší povrch rubní strany síta, čímž se zlepšuje životnost síta. Tahové charakteristiky (viz tabulky v kapitole 7.3) nám jen dokazují, že toto síto i při vyšších tahových silách má relativně malé poměrné prodloužení a vysokou pevnost, což je dáno konstrukcí síta (propletení, vazba, průměry vlasců, dostava) Toto síto v současnosti běží na vůbec nejrychlejších papírenských strojích, které dosahují rychlosti až 2000 m/min.

## Shrnutí

Každý výrobek prochází určitou etapou vývoje a ani formovací síta nejsou výjimkou. Jak se zdokonaloval papírenský stroj (zejména rychlost) tak se vyvíjela i formovací síta. Rychlost výroby papíru už nebyla jediným hlavním kritériem, které se požadovaly od papírenského stroje, ale zvýšené nároky zákazníků daly podnět ke zlepšení základních vlastností papíru jako je pevnost, hladkost, opacita (neprůsvitnost) a především, aby tyto vlastnosti papíru byly rovnoměrné po celé jeho šířce i délce. Proto výrobci papírenských sít musely zareagovat na tyto požadavky a vyvíjeli stále různé struktury a konstrukce formovacích sít.

Proto můžeme výše popsaná formovací síta rozdělit na dvě základní tzv. „vývojové řady“ formovacích sít firmy Sítos a.s. První takovou vývojovou řadu tvoří skupina jednovrstvého síta F-P32 (i F-P29-C), F-V870, F-V1660 a F-T64. Všechna tato síta se používají na velmi jemný papír nízké gramáže (toalet. papíry, ubrousky, cigaretový papír) a je patrné, že z jednovrstvého síta zatím na konci této řady stojí třívrstvé síto. Jak již bylo zmíněno všechna tato síta jsou sice používána na obdobný tedy jemný papír, ale kvalita i když stejného papíru se liší. Na třívrstvě síti F-T64 se bude tvořit papír, který bude bez minimálních známek značení síta, toto síto zachytí nejen vlákna papíru, ale i mnohdy malé části plnidel, tedy přípravků, který zvyšuje hladkost papíru, lesk, bělost a zlepšuje celkově stejnoměrnost listu papíru. Proto jednovrstvé síto F-P32 vzhledem ke své vazbě a menší dostavě nebude mít tak dobrou retenční schopnost jako třívrstvé síto F-T64.

Za další vývojovou řadu lze pokládat síta F-D1640, F-V1640 a F-T40, na kterých se tvoří naopak těžký papír (pytlový, flutting). Opět svou strukturou, která je dána především vazbou a dostavami se bude nejlépe co do kvality tvořit tento druh papíru na třívrstvě síti F-T40, který na své lící straně provazuje v plátňové vazbě, která je nejideálnější vzhledem k formování jakéhokoli papíru (kapitola 5).

## 7.5 Materiálové náklady formovacích sít

Tato kapitola experimentální části diplomové práce se bude snažit nastínit, materiálové náklady na vybraná formovací síta a zjistit jaká síta jsou z hlediska materiálu nejnákladnější. Byla vybrána síta, která tvoří určitou historickou řadu formovacích sít, vyráběné ve firmě Sítos a.s.(více kapitola 7.4) Proto byla vybrána formovací síta F-D1640, F-V1640 a F-T40, která tvoří jednu z vývojových řad formovacích sít na těžší papíry a poté byla srovnána síta F-P29-C a F-V870, F-T64, která se také používají naopak na výrobu jemného papíru nízké gramáže a mají vetkány obdobné průměry vlasců. Budou spočítány plošné hmotnosti jednotlivých sít a spolu s informacemi z předešlých kapitol bude vysloven závěr materiálových nákladů jednovrstvých oproti vícevrstvým sítům. Různé režijní, mzdové náklady nebudou do nákladů započítávány, protože to není předmětem této práce.

Plošné hmotnosti jednotlivých sít byly spočítány na třech vzorcích o rozměrech 10 x 10 cm. Spočítány byly plošné hmotnosti jednotlivé druhy (průměry) vlasců a určeno jejich procentuální zastoupení z celkové gramáže.

### 7.5.1 Výpočet plošných hmotností sít F-D1640, F-V1640 a F-T40 – síta používaná na papír těžkých gramáží

Tab.36 Plošné hmotnosti jednotlivých vlasců v daném formovacím síti

F-T40							
Měření	osnova vrchní PES 0,30 [g/m <sup>2</sup> ]	osnova spodní PES 0,30 [g/m <sup>2</sup> ]	útek vrchní PES 0,20 [g/m <sup>2</sup> ]	útek vrchní PES 0,20 [g/m <sup>2</sup> ]	útek spodní PES 0,45 [g/m <sup>2</sup> ]	útek spodní PAD 0,45 [g/m <sup>2</sup> ]	celková plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]
1	154,30	228,20	62,23	62,36	150,12	126,21	783,42
2	155,20	229,15	62,50	63,50	151,32	125,82	787,49
3	154,40	229,40	62,05	62,11	150,93	126,45	785,34
průměr	154,63	228,92	62,26	62,66	150,79	126,16	785,42
směrodatná odchylka	0,49	0,63	0,23	0,74	0,61	0,32	2,04
rozptyl	0,24	0,40	0,05	0,55	0,37	0,10	4,15
variační koeficient	0,32	0,28	0,36	1,18	0,41	0,25	0,26
IS	±0,43	±0,55	±0,20	±0,65	±0,54	±0,28	±1,78
procentuální zastoupení vlasce [%]	19,69	29,15	7,93	7,98	19,20	16,06	100,00

Tab.37 Plošné hmotnosti jednotlivých vlasců v daném formovacím síti

F-V1640						
Měření	osnova PES 0,30 [g/m <sup>2</sup> ]	útek vrchní PES 0,30 [g/m <sup>2</sup> ]	útek vložený PES 0,20 [g/m <sup>2</sup> ]	útek spodní PES 0,45 [g/m <sup>2</sup> ]	útek spodní PAD 0,45 [g/m <sup>2</sup> ]	celková plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]
1	377,12	120,23	53,52	133,45	114,21	798,53
2	375,96	122,54	54,36	134,85	113,41	801,12
3	378,16	121,65	52,74	135,36	112,93	800,84
průměr	377,08	121,47	53,54	134,55	113,52	800,16
směrodatná odchylka	1,10	1,17	0,81	0,99	0,65	1,42
rozptyl	1,21	1,36	0,66	0,98	0,42	2,02
variační koeficient	0,29	0,96	1,51	0,73	0,57	0,18
IS	±0,96	±1,02	±0,71	±0,87	±0,57	±1,25
procentuální zastoupení vlasce [%]	47,13	15,18	6,69	16,82	14,19	100,00

Tab.38 Plošné hmotnosti jednotlivých vlasců v daném formovacím síti

Měření	osnova PES 0,30 [g/m <sup>2</sup> ]	útek vrchní PES 0,30 [g/m <sup>2</sup> ]	útek spodní PES 0,45 [g/m <sup>2</sup> ]	útek spodní PAD 0,45 [g/m <sup>2</sup> ]	celková plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]
1	374,20	124,45	142,21	118,23	759,09
2	375,36	125,12	140,96	120,12	761,56
3	377,45	123,89	143,09	117,36	761,79
průměr	375,67	124,49	142,09	118,57	760,81
směrodatná odchylka	1,65	0,62	1,07	1,41	1,50
rozptyl	2,71	0,38	1,15	1,99	2,24
variační koeficient	0,44	0,49	0,75	1,19	0,20
IS	±1,44	±0,54	±0,94	±1,24	±1,31
procentuální zastoupení vlasce [%]	49,38	16,36	18,68	15,58	100,00

Tato síta na kterých se tvoří papír těžší gramáže jsou utkána ze silnějších vlasců, což se projevuje i na celkové plošné hmotnosti daných sít. Největší plošnou hmotnost z tab.36,37,38 má dvou a půl vrstvé síto F-V1640, které má oproti sítu F-D1640 o vložené útky navíc. Oproti třívrstvému sítu F-T40 má síto F-V1640 vrchní útek vyššího průměru, což se samozřejmě také projeví v celkové plošné hmotnosti jednotlivých sít. Z tabulek je patrné, že nemusí platit pravidlo, že čím složitější síto, tím více

spotřebovaného materiálu. Nejmenší plošnou hmotnost má síto F-D1640, které nemá zatkaný ani vložený útek ani dvě osnovy.

### 7.5.2 Výpočet plošných hmotností sít F-P32, F-V870 a F-T64 – síta používaná na výrobu velmi jemných papírů

Tab.39 Plošné hmotnosti jednotlivých vlasců v daném formovacím síti

F-T64							
Měření	osnova vrchní PES 0,15 [g/m <sup>2</sup> ]	osnova spodní PES 0,21 [g/m <sup>2</sup> ]	útek vrchní PES 0,20 [g/m <sup>2</sup> ]	útek spojovací PES 0,17 [g/m <sup>2</sup> ]	útek spodní PES 0,32 [g/m <sup>2</sup> ]	útek spodní PAD 0,32 [g/m <sup>2</sup> ]	celková plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]
1	86,32	154,36	126,00	42,00	78,00	64,21	550,89
2	87,12	155,32	125,86	43,12	78,15	64,35	553,92
3	86,20	154,44	126,55	42,32	79,23	65,03	553,77
průměr	86,55	154,71	126,14	42,48	78,46	64,53	552,86
směrodatná odchylka	0,50	0,53	0,36	0,58	0,67	0,44	1,71
rozptyl	0,25	0,28	0,13	0,33	0,45	0,19	2,92
variační koeficient	0,58	0,34	0,29	1,36	0,86	0,68	0,31
IS	±0,44	±0,47	±0,32	±0,51	±0,59	±0,38	±1,50
procentuální zastoupení vlasce [%]	15,65	27,98	22,82	7,68	14,19	11,67	100,00

Tab.40 Plošné hmotnosti jednotlivých vlasců v daném formovacím síti

F-V870						
Měření	osnova PES 0,15 [g/m <sup>2</sup> ]	útek vrchní PES 0,17 [g/m <sup>2</sup> ]	útek vložený PES 0,13 [g/m <sup>2</sup> ]	útek spodní PES 0,20 [g/m <sup>2</sup> ]	útek spodní PAD 0,20 [g/m <sup>2</sup> ]	celková plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]
1	172,00	58,12	34,23	40,32	35,32	339,99
2	171,23	57,26	33,69	41,00	34,20	337,38
3	171,85	57,96	33,36	40,96	33,96	338,09
průměr	171,69	57,78	33,76	40,76	34,49	338,49
směrodatná odchylka	0,41	0,46	0,44	0,38	0,73	1,35
rozptyl	0,17	0,21	0,19	0,15	0,53	1,82
variační koeficient	0,24	0,79	1,30	0,94	2,10	0,40
IS	±0,36	±0,40	±0,38	±0,33	±0,64	±1,18
procentuální zastoupení vlasce [%]	50,72	17,07	9,97	12,04	10,19	100,00

Tab.41 Plošné hmotnosti jednotlivých vlasců v daném formovacím síti

F-P32			
Měření	osnova PES 0,17 [g/m <sup>2</sup> ]	útek PES 0,22 [g/m <sup>2</sup> ]	celková plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]
1	106,23	154,41	260,64
2	104,42	153,82	258,24
3	105,62	154,05	259,67
průměr	105,42	154,09	259,52
směrodatná odchylka	0,92	0,30	1,21
rozptyl	0,85	0,09	1,46
variační koeficient	0,87	0,19	0,47
IS	±0,81	±0,26	±1,06
procentuální zastoupení vlasce [%]	40,62	59,38	100,00

Z tabulek 39,40,41 můžeme názorně vidět, jak se liší jednotlivé plošné hmotnosti jednovrstvého, dvou a půlvrstvého a třívrstvého síta. Jedná se z hlediska použití na druh papíru prakticky o síta stejného použití. Plošné hmotnosti se samozřejmě liší, největší plošná hmotnost byla naměřena u třívrstvého síta F-T64, které má nejvyšší dostavu útků i osnovy a také různé velikosti průměrů vlasců. Je to dáno konstrukcí a strukturou síta, kdy do spodní části jsou zatkávány vlasce větších průměrů kvůli lepší životnosti a na lící stranu síta zatkávány vlasce menších průměrů pro lepší hladkost a formování papíru. U jednovrstvého síta F-P32 je jen jedna soustava osnovy a útku, tzn. z hlediska plošné hmotnosti je toto síto nejlehčí. Síto F-V870 má oproti třívrstvému sítu F-T64 o jednu soustavu osnovy méně a na rubní straně menší průměr útkových vlasců, což se také projeví na celkové plošné hmotnosti.



## Shrnutí

Byly zde experimentálně spočítány plošné hmotnosti sít dvou vývojových řad, které se používají na jiný druh vyráběného papíru. První skupina zahrnuje síta, která (F-T40, F-V1640, F-D1640) se používají na formaci těžkého papíru, který samotný má plošnou gramáž až  $400\text{g/m}^2$ . Proto se do těchto sít používají těžší vlasce, které se jsou odolnější vůči větším hmotnostem a projeví se to i na plošné hmotnosti samotného síta. Naopak druhá skupina měřených sít se používá pro formaci jemných papírů, které dosahují gramáže okolo  $100\text{g/m}^2$ , proto není třeba, aby se používaly vlasce větších průměrů, ale spíše co nejjemnější tedy malé průměry vlasců. To se projeví i na celkové plošné hmotnosti, která je podstatně menší u sít na kterých se formuje jemný hladký papír. Například třívrstvé síto F-T40 má vzhledem k větším průměrům vlasců oproti třívrstvému sítu F-T64 až o 1,5 krát větší plošnou hmotnost než u třívrstvého síta F-T64. Pokud vezmeme v úvahu procentuelní zastoupení osnovních a útkových vlasců v daném síti, bylo z výše uvedených tabulek zjištěno, že procentuelní zastoupení útku a osnovy je většiny sít zhruba 50 procentní. U síta F-T64 a F-P32 tvoří osnovy kolem 40 % celkové plošné hmotnosti z 1metru čtverečního, což je dáno dostavou útku, která je při tvorbě jemných papírů důležitá z hlediska podpory vláken (více kap.5 a kap.7.2)

Protože nezahrnujeme cenu jednotlivých vlasců (není to předmětem ani úkolem této diplomové práce) tak nezjistíme, jaké síto je opravdu finančně nejdražší. Ceny vlasců se liší a určitě neplatí, že čím silnější vlasec tím je také dražší, v textilním průmyslu je to spíše naopak (čím jemnější tím dražší) proto z hlediska plošné hmotnosti jsou sice materiálově nákladnější síta, která se používají na formaci těžšího papíru, ale je to velice zavádějící předpoklad. Pokud budeme uvažovat reálně, tak samozřejmě, že nejdražšími síty na výrobu i po materiálové stránce budou třívrstvá síta, která mají větší počet různých průměrů vlasců, při tkaní se musí použít dva osnovní válce, je zde větší setkání osnovy (u F-T64 až 11%) než např. u jednovrstvých sít, použití více listů na tkacím stavu, tj. složitější a časově náročnější navlékání, složitější spojování třívrstvých sít, více oběhů při tepelné fixaci. To bylo uvedeno pár příkladů, proč třívrstvá síta z hlediska finančního jistě jsou nejdražší.

## 8. Diskuse a závěr

Cílem této diplomové práce bylo objasnit současnou problematiku formovacích sít se zaměřením na formovací síta firmy Sítos a.s. V současné době neexistuje žádná dostupná literatura v českém jazyce, která by se zabývala a popisovala konstrukci a její vliv na užité vlastnosti moderních formovacích sít jednovrstvých či vícevrstevných. Tato práce je univerzální i tím, že se snaží popsat vazby, strukturu a konstrukci sít(tkanin), které jsou specifické svými výrazy spíše pro klasický textilní průmysl a ve firmě Sítos a.s. se nepoužívají. Tato práce popisuje formovací síta od jejich vzniku, která je popsána výrobou až po jejich konečné využití. Formovací síta firmy Sítos a.s. byla popsána i graficky znázorněna z hlediska jejich struktury (především vazby), dále byly určeny jejich konstrukční parametry (dostavy, průměry, druh materiálu) a také byly spočítány parametry, které z konstrukce daného síta vycházejí a které z části určují a naznačují, jaký papír se na síte bude tvořit. Jednotlivá síta byla také porovnávána vzhledem ke konstrukci síta (jednovrstvá či vícevrstvá) a byly popsány výhody i nevýhody těchto sít.

Prvním úkolem experimentální části bylo rozebrat, popsat a změřit formovací síta firmy Sítos a.s. a přiřadit k nim vzorky konkurenčních firem, které byly získány převážně formou katalogů. Tato část měla pomoci firmě Sítos a.s. zjistit jaké výrobky ostatních firem se dají pokládat za konkurenční výrobek a zda-li jsou po konstrukční stránce v možnostech tkacích stavů firmy Sítos a.s. tyto výrobky utkat. V rozborech a měřeních jednotlivých konkurenčních výrobků (kapitola 7.1, Příloha 1) bylo zjištěno, že všechny jednovrstvá i vícevrstvá jsou po vazební stránce s formovacími síty firmy Sítos a.s. převážně obdobná a to i z hlediska konstrukčních parametrů. Nicméně u třívrstevných sít firmy Asten Johnson bylo zjištěno síto, které na tkacích stavech firmy Sítos a.s. není možné utkat vzhledem k vysokému počtu provazujících osnovních nití. Tato vícenásobná tkanina se spojovacími útky svými zajímavými konstrukčními i užitnými vlastnostmi vykazuje výborné výsledky pro formování kvalitního papíru. I když vykazuje o něco horší výsledky než třívrstvé síto F-T64, naznačuje určitý trend, kam se vývoj sít může ubírat. Větší variace vazeb, jak na straně lící (strana papíru) i na straně rubní (strana stroje), dávají lepší možnosti na vznik kvalitního papíru o požadovaných vlastnostech. V současnosti je důležité držet krok s ostatními firmami a dokázat konkurovat a zaujmout novými výrobky, aby zákazník měl pocit, že kupuje

stále něco modernějšího a lepšího. I když třeba nově vyvinutá formovací síta nevykazují lepší výsledky v užitných vlastnostech a nepřinášejí svou novou konstrukcí nic nového pro zlepšení kvality a formování papíru, zaujmou svým novým designem, názvem i cenou, což se může projevit v celkovém rozhodnutí zákazníka. Firmě Sítos a.s. bych proto doporučil zakoupení tkacích stavů o větším počtu listů, aby mohla vyvíjet nové vazby, konstrukce formovacích sít a dokázat tak i nadále konkurovat firmám světové špičky na výrobu formovacích papírenských sít.

Další část této diplomové práce se zabývala konstrukčními, užitnými a mechanickými vlastnostmi jednovrstvých a třívrstvých formovacích sít. Z výsledků v experimentální části bylo zjištěno, že nejlepší vlastnosti užitné i mechanické, mají vícevrstvá formovací síta, zejména potom síta třívrstvá. Jejich složitá konstrukce, která tvoří nad sebou dvě soustavy osnov i útků, (Příloha 1) zvyšuje jak životnost sít, tak i zlepšuje kvalitu vznikajícího papíru. Do spodní části vícevrstvého síta jsou zatkávány vlasce větších průměrů a rubní strana provazuje v útkové vazbě atlasové nebo keprové. Odírají se tak především příčné silnější útky, které zvyšují životnost síta. Naproti tomu i jednovrstvého síta tvoří útek líc i rub tkaniny, proto se musí u použití jednovrstvého síta hledat kompromis, který zohledňuje jak životnost síta, tak i kvalitu papíru, která by v případě zatkaných útků větších průměrů do papíru z lící strany značila. Ideální pro papír je, aby povrch síta, na kterém se list papíru, tvoří dosahoval co nejvíce podpůrných bodů, tj. aby vlákna papíru byl podpírána jednotlivými vlasci síta, ale zároveň aby byla rychle a rovnoměrně odváděna voda z papíroviny. Toho se dosahuje vysokými dostavami jak útku i osnovy za použití velmi jemných vlasců. Nejideálnější vazbou je proto pro podepření a pro formaci papíru vazba plátňová, která dosahuje nejhustšího provázání a tedy nejvíce malých podpůrných bodů, které neznačí do listu papíru. Dvouvrstvá a dvou a půlvrstvá síta v textilním průmyslu z hlediska vazby známá jako víceútkové tkaniny neumožňují vzhledem ke způsobu tkací techniky tkanině, aby lící strana byla tvořena plátňovou vazbou. Proto nejlepší předpoklady mají třívrstvá síta, kdy vlastně vznikají dvě nezávislé tkaniny nad sebou, které jsou spojeny spojovacími útky. Všechny parametry, které vychází především z konstrukce, struktury a jsou důležité pro formování a vznik kvalitního papíru, dosahují nejvyšších hodnot právě u třívrstvých sít. Z výsledků měření a výpočtů uvedené v kapitole 7.2 bylo zjištěno, že ideální síto pro kvalitní papír je právě síto třívrstvé, všechny užitné parametry (FSI,DI,NP) jsou nejvyšší právě u třívrstvých sít pro daný papír.

Důležitou vlastností formovacích sít je míra odvádění vody z papíroviny. Není nutné, aby odvádění vody bylo co nejrychlejší, ale spíše co nejplynulejší. Síta třívrstvá samozřejmě svojí konstrukcí mají poněkud menší propouštěcí vlastnosti (tab.19) než síta jednovrstvá, ale míra odvádění vody je stále na vysoké úrovni. U papírenských sít není však měřena míra propouštění vodou, ale vzduchem, tedy zjišťována prodyšnost vzduchu. Je to dáno hlavně velikostí a konstrukcí měřicího přístroje na prodyšnost, u kterého je požadována především flexibilita a jeho přenositelnost. Přístrojem se totiž měří prodyšnost v určitých etapách vzniku a použití síta. Prodyšnost je měřena na tkacím stavu, kdy je síto utkané, dále po tepelné fixaci, kdy síta ze syntetického materiálu mění svoje rozměrové i mechanické vlastnosti a také před nasazením i sundáním z papírenského stroje. Tato hodnota je stejně důležitá jak při vývoji, kontrole tak i při servisu těchto sít. Voda jako taková není nejlepším médiem, které by splňovalo rychlý servis, proto se používá prodyšnost vzduchu jako veličina, která naznačuje jak je síto schopné odvádět vodu. Přístroj na měření propustnosti vodou přesto existuje a byl vytvořen firmou Sítos a.s.. Protože se nezmění celosvětový standard, který považuje prodyšnost jako hlavní veličinu formovacích sít, snaží se tato práce měřením prokázat, že hodnoty prodyšnosti nejsou tak zbytečné pro zjištění propustnosti vody, jak by se mohlo zdát. Bylo zjištěno (viz tab.19), že nejprodyšnější síto je zároveň také nejpropustnější. Z toho plyne, že prodyšnost je dobrá k porovnávání různých sít a ke zjištění hodnot, které naznačují kdy je síto více propustné či méně. Nepotřebujeme znát přesnou rychlost odvodnění, protože ta nezávisí jen na konstrukci síta, ale také na rychlosti odváděné papíroviny z nátokové trubice, na rychlosti běžícího síta, na druhu papíroviny a toto všechno není možné simulovat a měřit na jiných přístrojích než na papírenském stroji. Proto stačí, když je změřena prodyšnost vzduchu, ale na základě zkušeností se dá předpokládat, jaké síto je vhodné na daný papírenský stroj respektive pro daný druh papíru.

Vzhledem k mechanickému namáhání formovacího síta na papírenském stroji byla v experimentální části měřena také poměrná prodloužení při tahových silách, které odpovídají skutečným tahovým silám při provozu síta na papírenském stroji. Je nutné, aby se síto co nejméně vydlužovalo ve směru osnovy, protože vodící válce papírenského stroje (obr.29), které síto pohánějí, by nemusely vykompenzovat prodloužení síta v daný okamžik (poměrné prodloužení celkové) a mohlo by docházet k prokluzům síta, což by mělo za následek vznik nerovnoměrného papíru. Proto záleží

výběr síta také na rychlosti papírenského stroje, kde na rychlejších papírenských strojích (až 2000 m/min vyrobeného papíru) jsou vyšší napínací síly než na pomaloběžných strojích (300 m/min). Každý papírenský stroj je specifický a je samozřejmé, že jsou požadovány co nejmenší jak plastické tak i celkové deformace. Proto nejen tepelná fixace a materiál, ale i konstrukce síta je důležitá pro mechanické vlastnosti síta. Nejlepší výsledky poměrného prodloužení, plastické i celkové deformace, pevnosti vykazují vícevrstvá síta oproti jednovrstvým a to v některých případech až o dvojnásobek. Více zatkaných útků i osnov, větší průměry vlasců ve spodní části vícevrstevných tkanin, dávají větší odolnost vůči prodloužení než u jednovrstevných sít (viz tabulky v kap. 7.3).

Všechny poznatky o konstrukci, struktuře a jednotlivé vypočtené parametry byly využity k doporučení a vhodnosti jednotlivých sít pro dané typy papíru a podrobně popsány v kapitole 7.4. Z výpočtů a měření daných především konstrukcí síta bylo zjištěno, že nejlepší vhodné podmínky pro vytvoření vzhledného, rovnoměrného papíru požadovaných vlastností bude vytvořeno na třívrstevném síti. Mechanické i konstrukční vlastnosti dávají vícevrstevným sítům možnost použití na rychloběžných papírenských strojích, kde dochází k vyšším cyklickým změnám tahových sil a kde jsou vyšší napínací síly působící na síto.

Cílem této práce bylo objasnit problematiku formovacích sít a jejich porovnání ze všech možných hledisek, což se snad podařilo naplnit. Celkově se dá říci, že náklady a ceny vícevrstevných sít jsou vyšší v porovnání s jednovrstevnými, ale životnost vícevrstevných sít je výrazně vyšší. To znamená, že výrobní náklady na 1 tunu papíru vyrobeného na vícevrstevném jsou stejné nebo nižší v porovnání s výrobními náklady na 1 tunu papíru vyrobeného na jednovrstevném síti.

## Seznam použité literatury

- [1] Adanur Sabit, Ph.D. : Paper Machine Clothing, Technomic Publishing Company, Lancaster (Pennsylvania) 1997
- [2] Korda, J. a kolektiv : Papírenská encyklopedie, SNTL Praha 1992
- [3] Bednář, B., Svatoš, Š. : Vazby a rozborů tkanin, SNTL Praha 1989
- [4] Skalický, Č. : Technologie výroby papíru I.díl, VŠCHT Pardubice 1985
- [5] Skalický, Č., Červenka, K., Mýl, J.: Papírenské inženýrství, VŠCHT Pardubice 1990
- [6] Sítos a.s. Strakonice : Mezinárodní konference Síta 97 (sborník přednášek), 1997
- [7] Kovačič, Vladimír Ing.: Textilní zkušebnictví, Liberec 2004
- [8] Nosek, S.: Struktura a geometrie tkanin, Výzkumný ústav bavlnářský, Ústí nad Orlicí, 1974
- [9] ČSN EN ISO 9237. Zjišťování prodyšnosti plošných textilií, 1996
- [10] Pecháček, F., Jankovský, J.: Zkoušení textilií, SNTL Praha, 1981
- [11] ČSN EN 20811 Zkouška tlakem vody, 1994
- [12] Fibich, J., Litomiský, I.: Technologie papíru, SNTL 1989
- [13] Váně, M. : Výroba kovových tkanin a sít, Vlnářský průmysl Brno 1985
- [14] Militký, J. : Textilní zkušebnictví, pdf přednášky, 2004
- [15] Militký, J. : Textilní vlákna, pdf přednášky, 2003
- [16] ČSN EN 12127: Textilie – Plošné textilie – Zjišťování plošné hmotnosti pomocí malých vzorků.

## **Seznam příloh**

### **Příloha č. 1:**

Experimentálně zjištěné příčné, podélné řezy a střídy vazeb jednotlivých porovnaných formovacích sít

### **Příloha č.2:**

Experimentálně zjištěné hodnoty základních parametrů tkaniny (dostavy útků i osnovy, průměry, tloušťka tkaniny).

### **Příloha č.3:**

Experimentálně zjištěné a vypočtené hodnoty vybraných užitných vlastností formovacích sít

### **Příloha č. 4:**

Průběhy tahových charakteristik (do přetrhu, cyklické i s konstantním zatěžováním) jednotlivých formovacích sít

### **Příloha č. 5:**

Systematika značení sít firmy Sítos a.s.

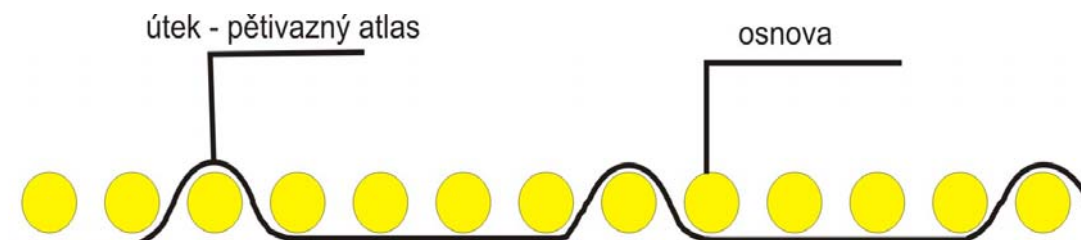
součástí diplomové práce je i **VZORKOVNÍK FORMOVACÍCH SÍT FIRMY SÍTOS a.s.**

**Příloha 1**  
**Experimentálně zjištěné příčné, podélné řezy a střídy vazeb**  
**jednotlivých porovnaných formovacích sít**



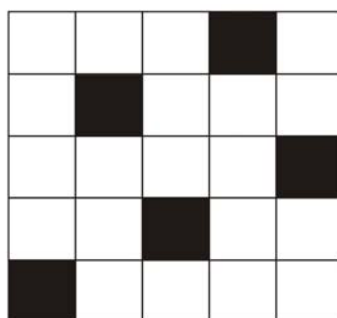
**Jednovrstvé síto F –P 32 (Sítos a.s), MonoFlex 61 (Asten Johnson)**  
**(příčné, podélné řezy i střída vazby jsou shodné)**

Příčný řez síta F-P32 a MonoFlex61 (stejně provázání i pro podélný řez):



Střída vazby síta F-P32(Sítos a.s.) a MonoFlex 61:

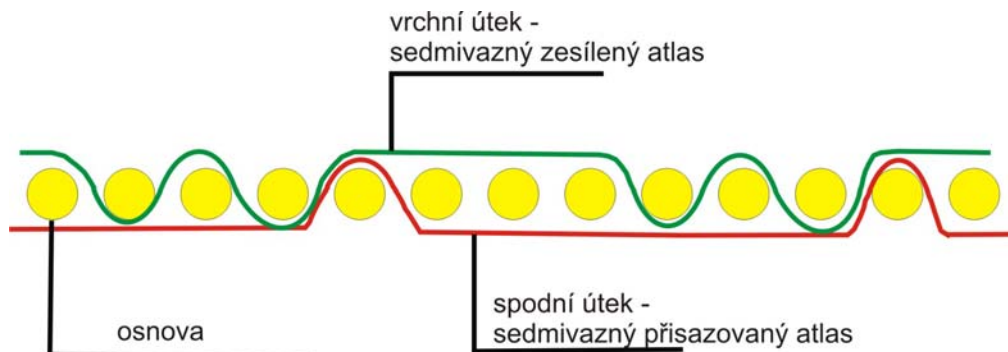
pětivazný útkový atlas (Pč2)



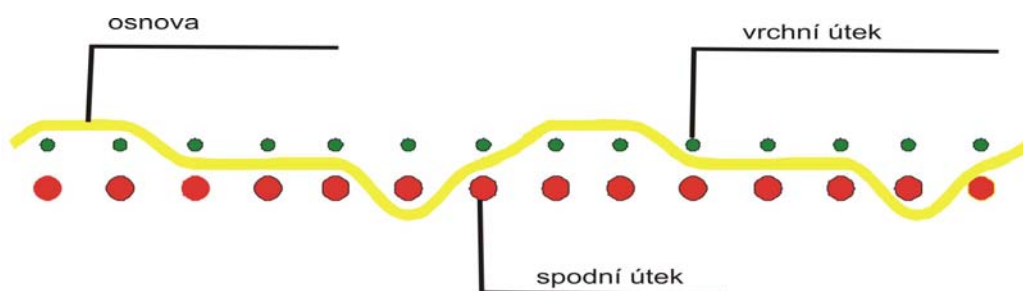
## Dvouvrstvá síta F –D760 (Sítos a.s) a Kufferrath

(příčné i podélné řezy jsou shodné)

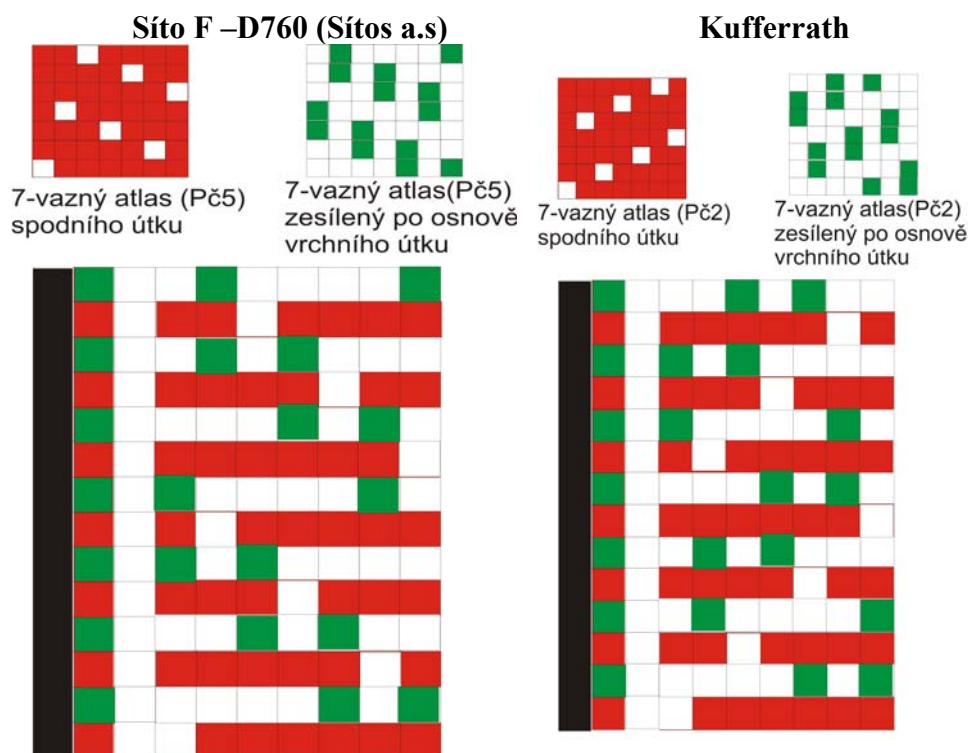
Příčný řez síta F –D760 (Sítos a.s) a Kufferrath:



Podélný řez síta F –D760 (Sítos a.s) a Kufferrath (shodné):

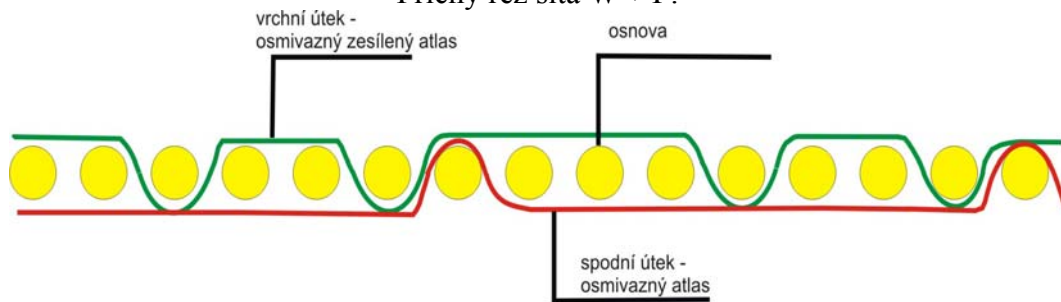


Střída vazby síta F –D760 (Sítos a.s) a Kufferrath (shodné):

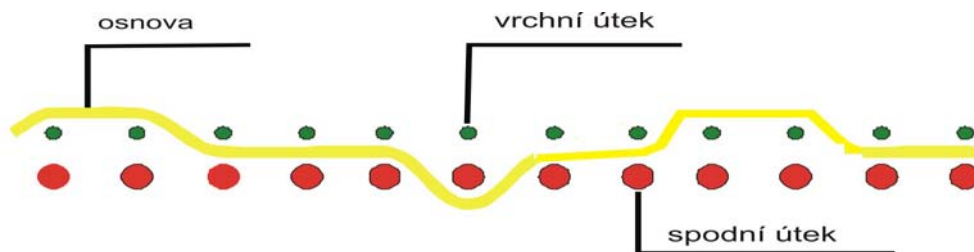


## Dvouvrstvé síto W + F

Příčný řez síta W + F:

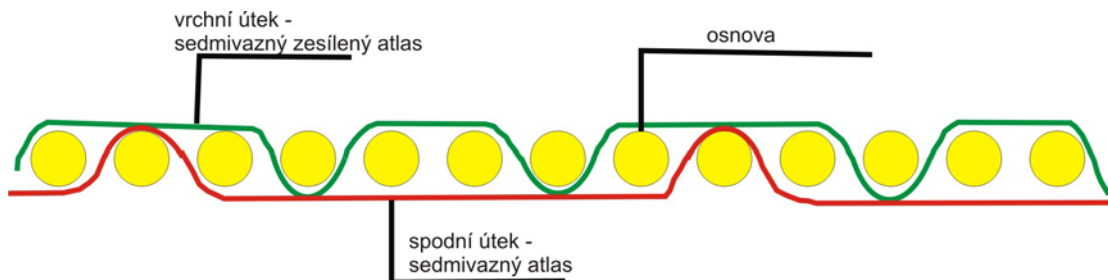


Podélný řez síta W + F:

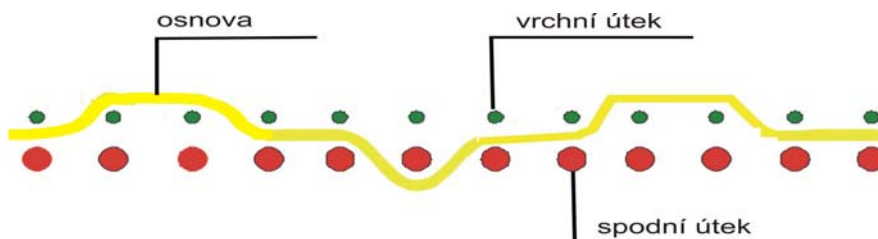


## Dvouvrstvé síto Magnum D3(Asten Johnson)

Příčný řez síta Magnum D3:

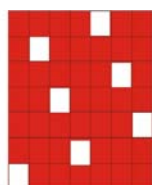


Podélný řez síta Magnum D3:

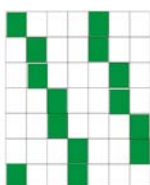


# Střída vazby:

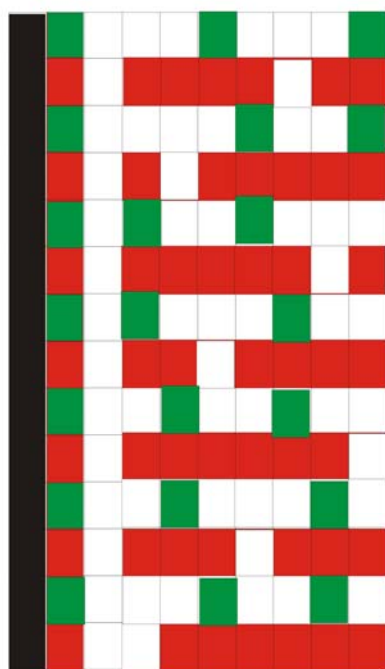
## Magnum D3 (Asten Johnson)



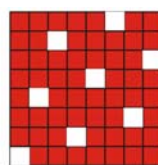
7-vazný atlas(Pč3)  
spodního útku



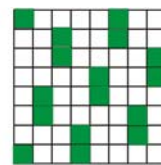
7-vazný atlas (Pč3)  
zesílený po osnově  
vrchního útku



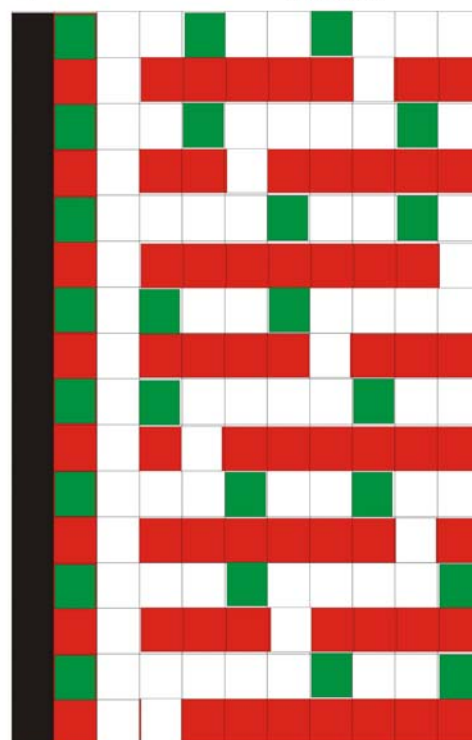
## Síto W+F



8-vazný atlas (Pč3)  
spodního útku

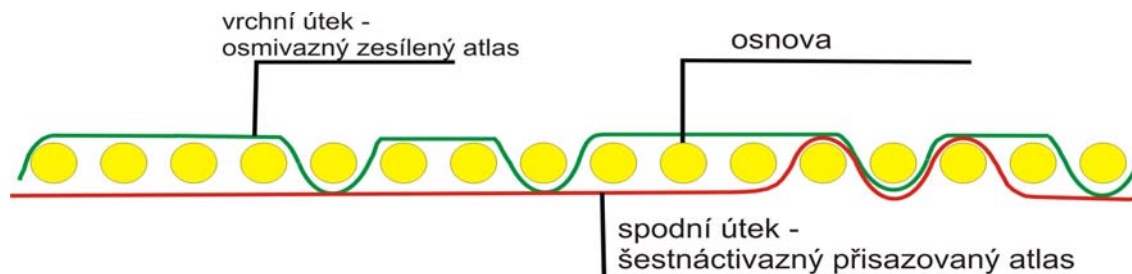


8-vazný atlas(Pč3)  
zesílený po osnově  
vrchního útku

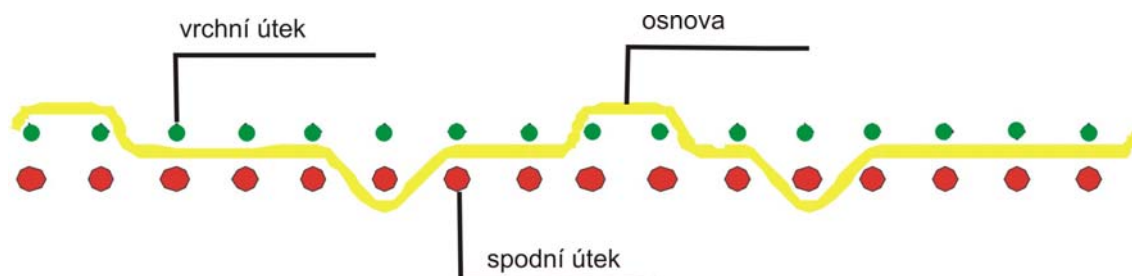


**Dvouvrstvé síto F – D1640 (Síto s.a.) a  
dvouvrstvé síto SHALIMAR WIRES INDUSTRIES LTD.**

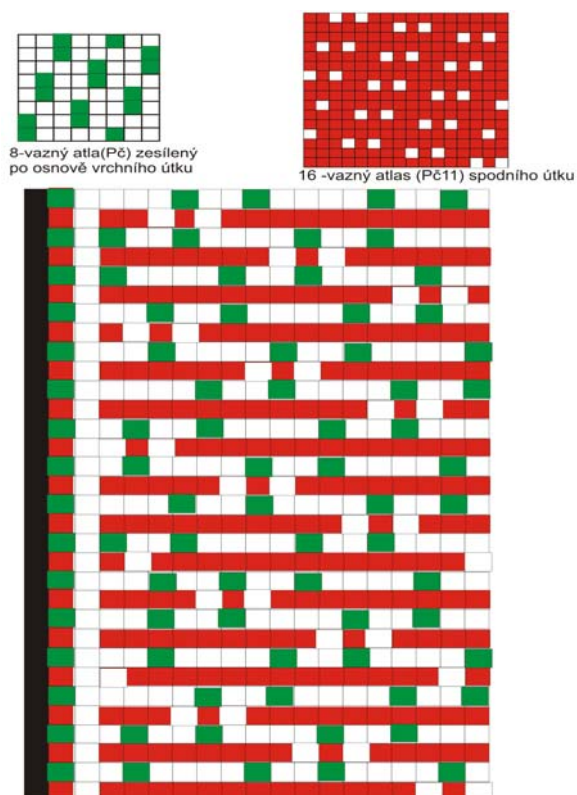
Příčný řez dvouvrstvého síta F – D1640 (Síto s.a.) a  
dvouvrstvého síta SHALIMAR WIRES INDUSTRIES LTD(jsou shodné):



Podélný řez dvouvrstvého síta F – D1640 (Síto s.a.) a  
dvouvrstvého síta SHALIMAR WIRES INDUSTRIES LTD(jsou shodné):

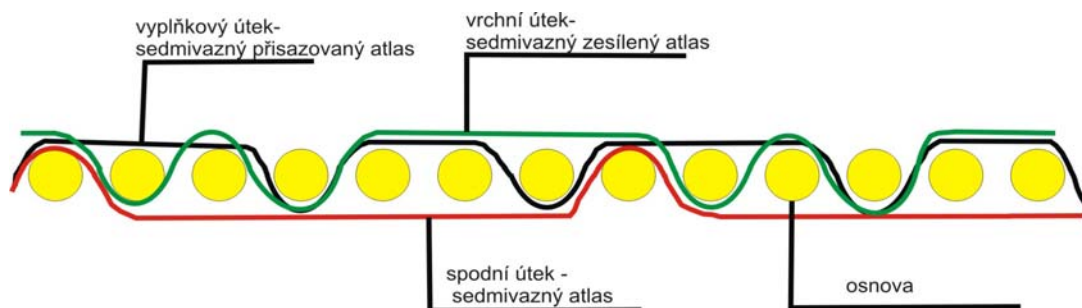


**Střída vazby:** je stejná pro obě formovací síta (F-D1640 a Shalimar....)

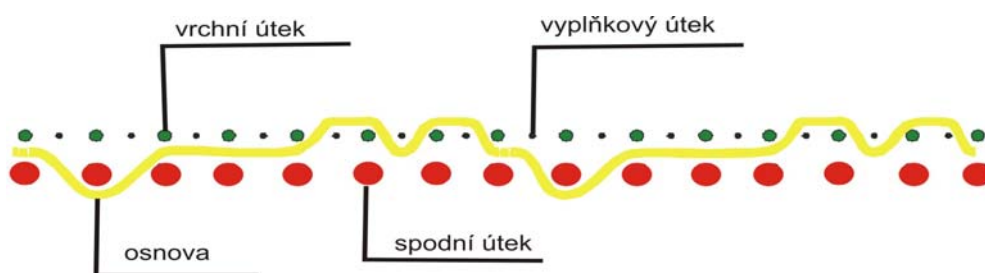


## Dvou a půl vrstvé síto F – V 761 (Sítos a.s.)

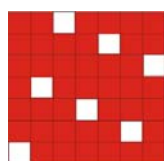
Příčný řez síta F – V 761:



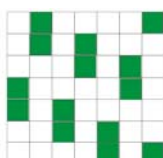
Podélný řez síta F – V 761:



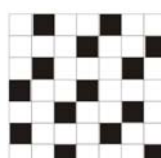
Střída vazby síta F – V 761:



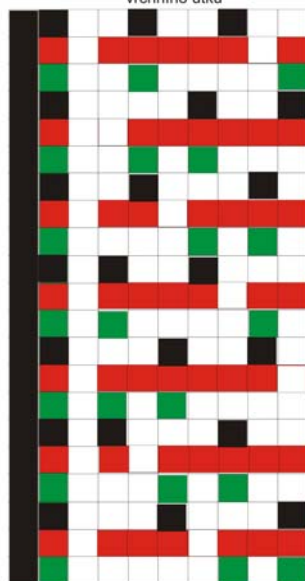
7-vazný atlas (Pč5)  
spodního útku



7-vazný atlas (Pč5)  
zesílený po osnově  
vrchního útku



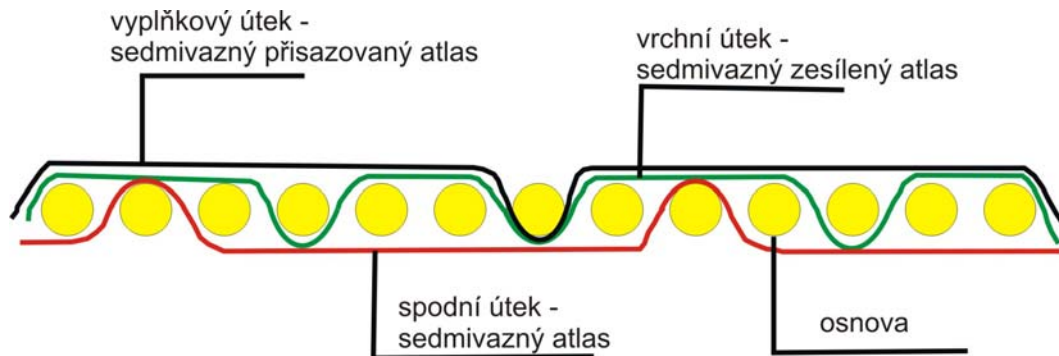
7-vazný atlas (Pč5)  
výplňového útku



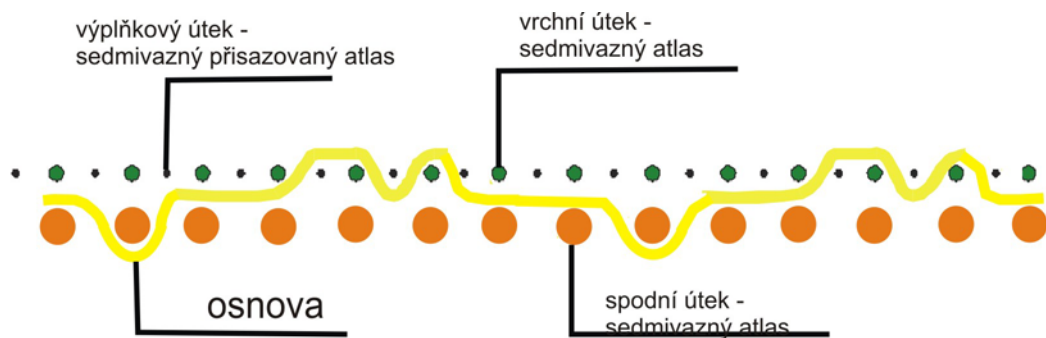


## Dvou a půl vrstvé síto MAGNUM J3 (Asten Johnson)

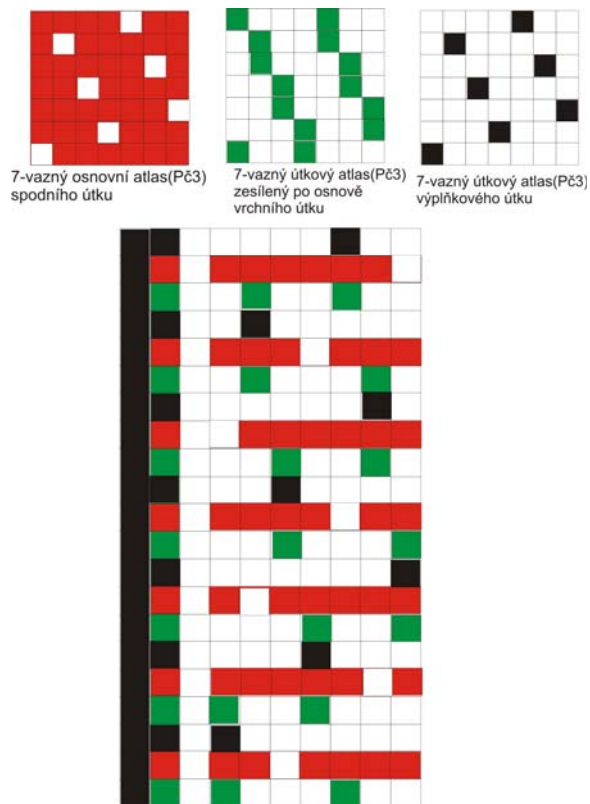
Příčný řez síta MAGNUM J3:



Podélný řez síta MAGNUM J3:

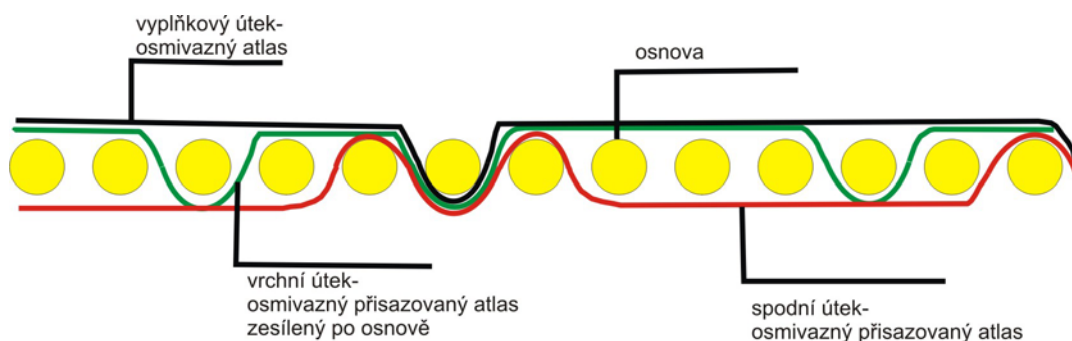


Střída vazby síta MAGNUM J3:

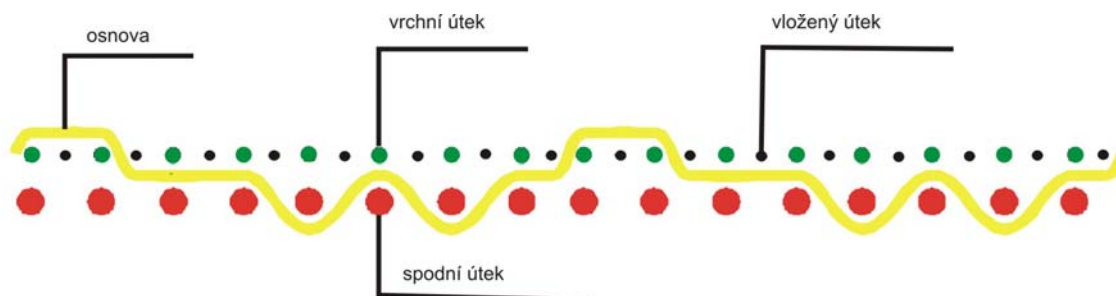


## Dvou a půl vrstvá síta F-V870(Sítos a.s.) , ULTIMA-J (Asten Johnson), NIPPON

Příčný řez: jsou shodné pro všechny porovnávající síta



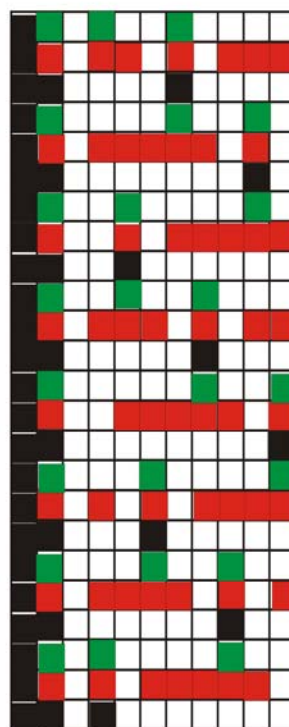
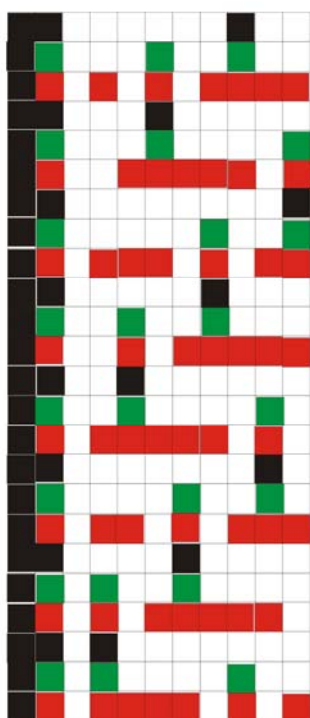
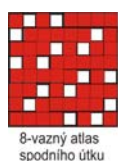
Podélný řez: jsou shodné pro všechny porovnávající síta(F-V870,Ultima-J i NIPPON)



Střída vazby:

F – V 870 (stejně i pro NIPPON)

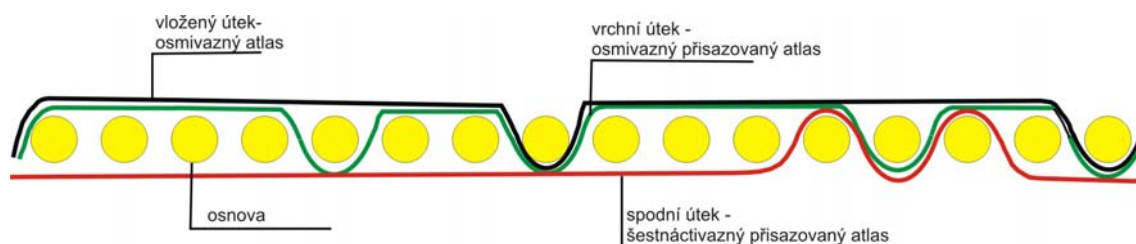
ULTIMA – J



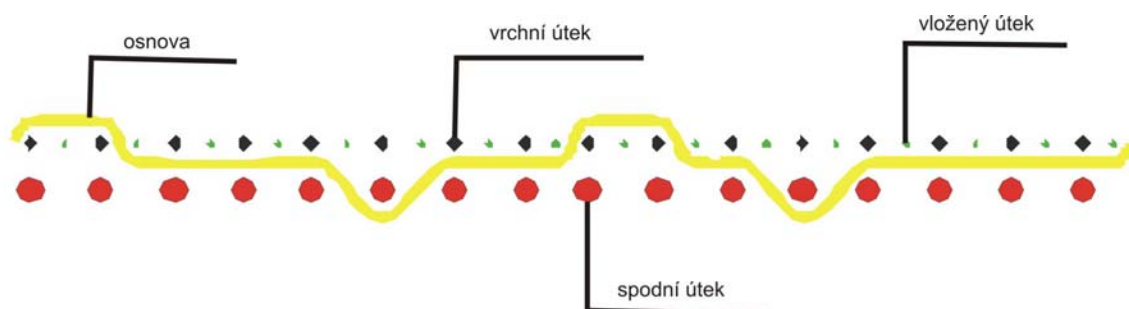


## Dvou a půl vrstvé F – V1640 a F – V1660 (Sítos a.s.)

Příčný řez: shodné pro síta F – V1640 a F – V1660

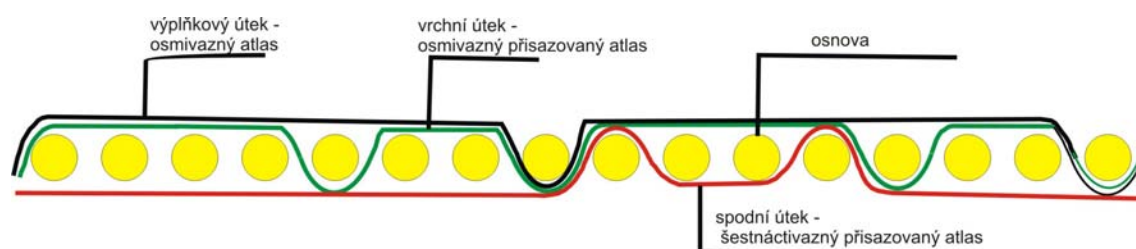


Podélný řez: shodné pro tyto síta F – V1640 a F – V1660

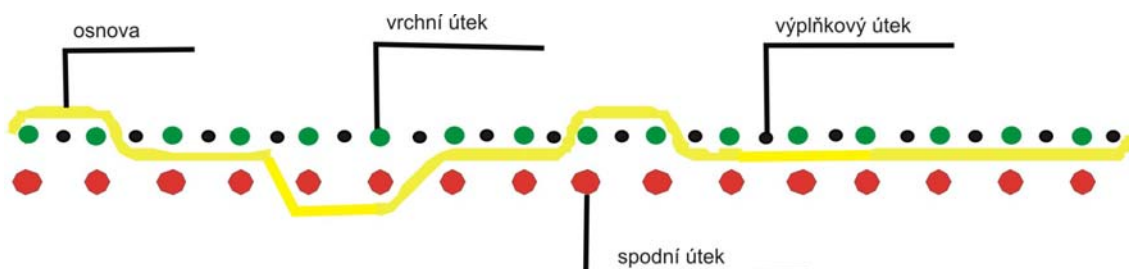


## Dvou a půl vrstvé síto DURAPAC – XL (Asten Johnson)

Příčný řez síta DURAPAC – XL:



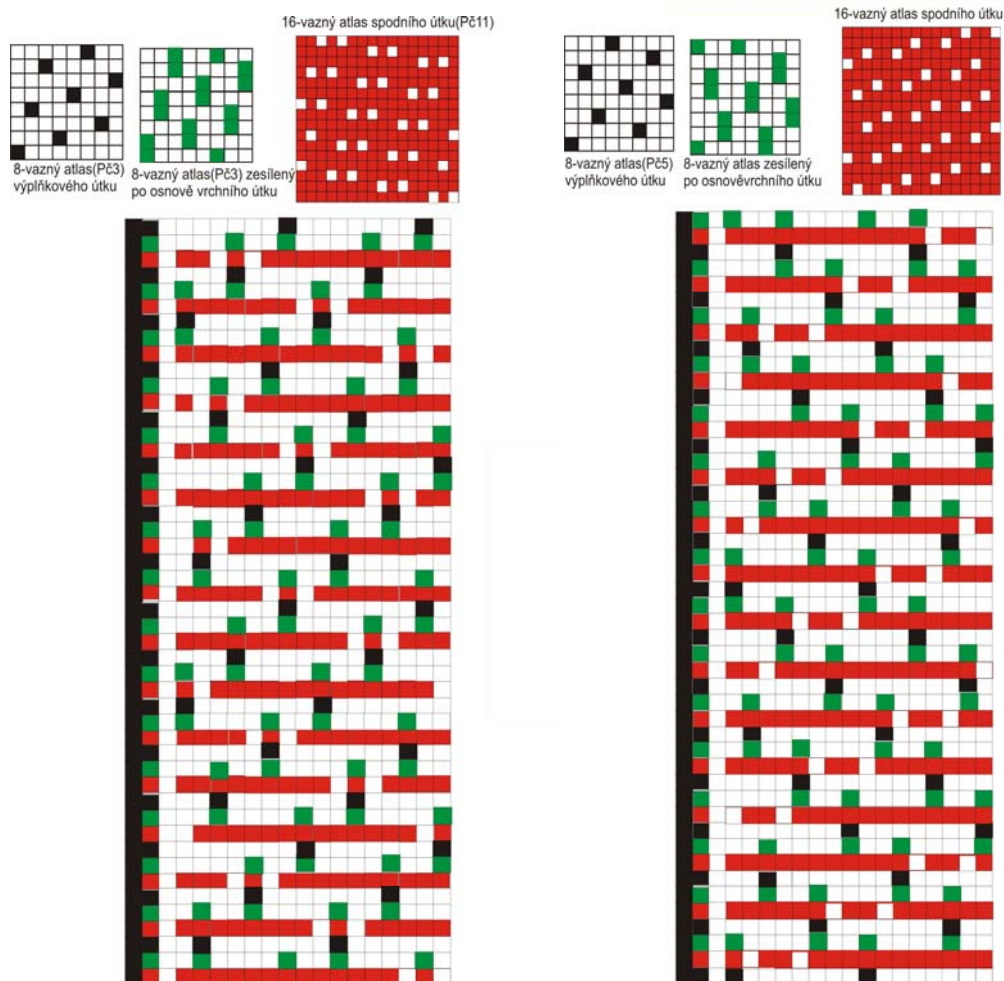
Podélný řez síta DURAPAC – XL:



Střída vazby:

F – V1640 a F – V1660

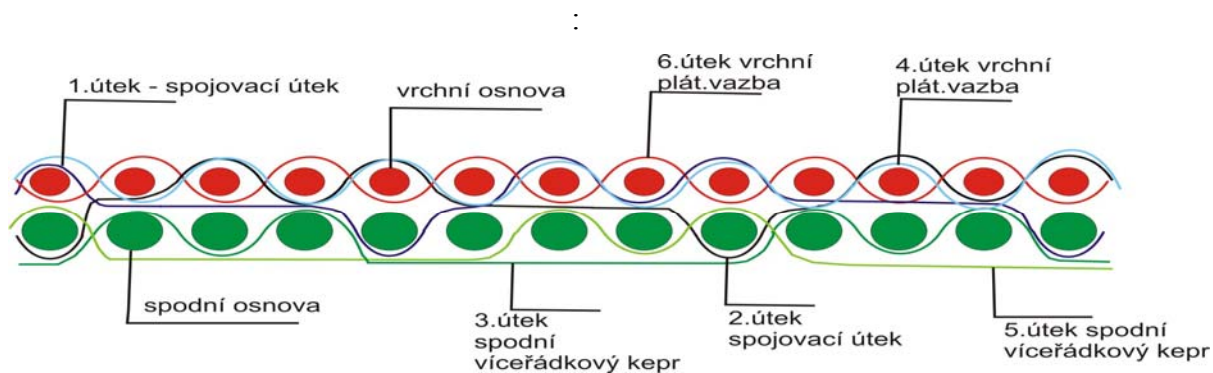
DURAPAC - XL



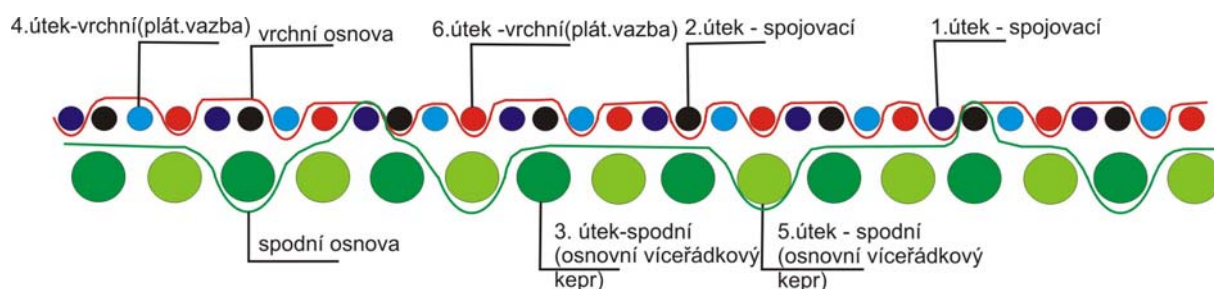
F – T 40 (Sítos a.s.) a třívrstvé síto Kufferath

(příčné i podélné řezy pro obě síta shodné)

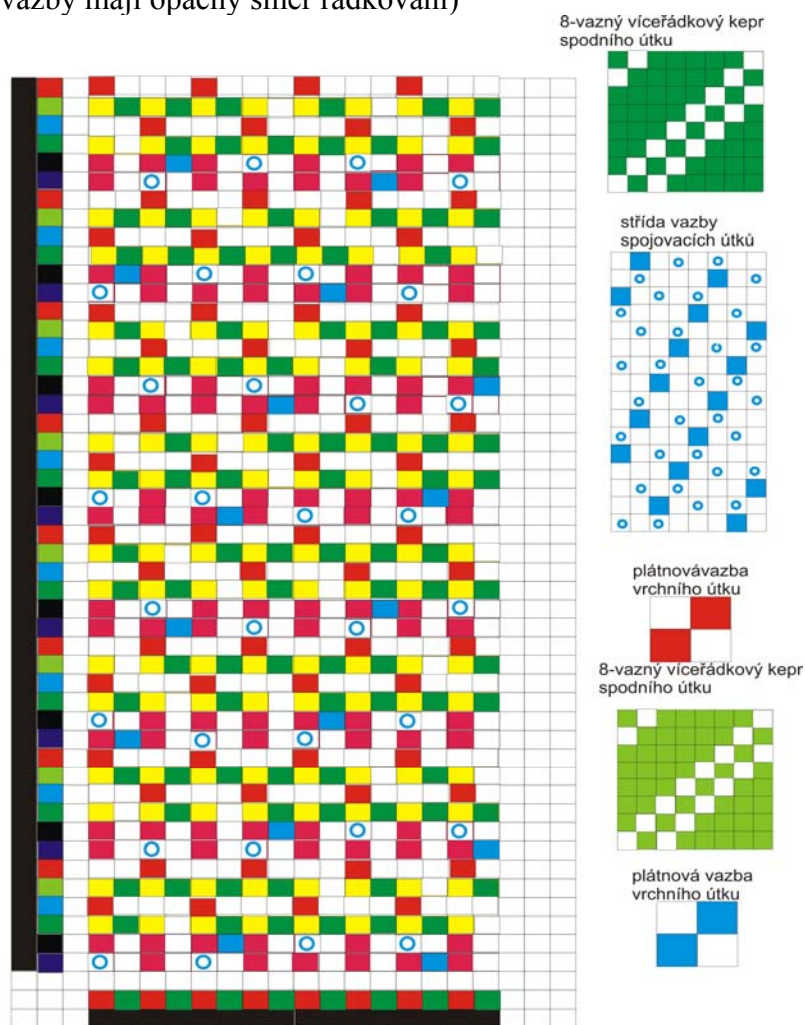
Příčný řez síta F – T 40 (Sítos a.s.) a třívrstvého síta Kufferath:







Podélný řez síta F – T 40 (Sítos a.s.) a třívrstvého síta Kufferath:



Střída vazby: (pozn.: stejná střída vazby jako F-T40 je i u síta Kuferrath s tím rozdílem, že jednotlivé vazby mají opačný směr řádkování)

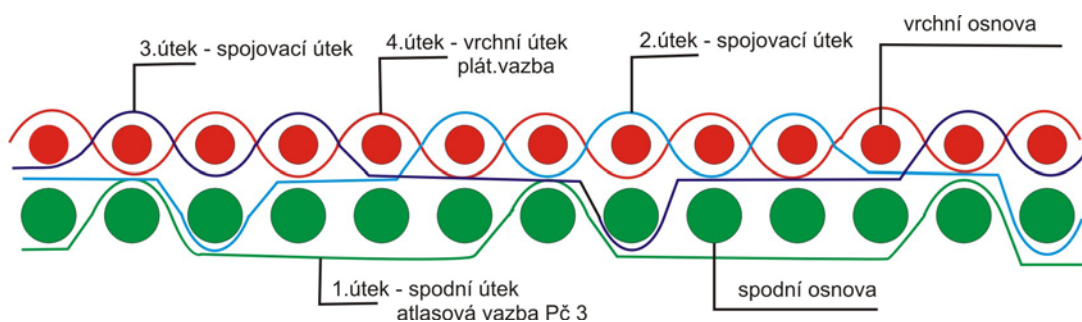


-  .....spojkový útkový vazní bod s vrchní osnovou (spojkový útek je nad vrchní i spodní osnovou)
-  .....spojkový osnovní vazní bod s dolní osnovou (spojkový útek je pod vrchní i spodní osnovou)
-  .....spojkový osnovní bod vrchní osnovy (spojkový útek je nad spodní osnovou, ale pod vrchní osnovou)
-  .....osnovní bod vrchní osnovy se spodním útkem (spodní útek je vždy pod vrchní osnovou)

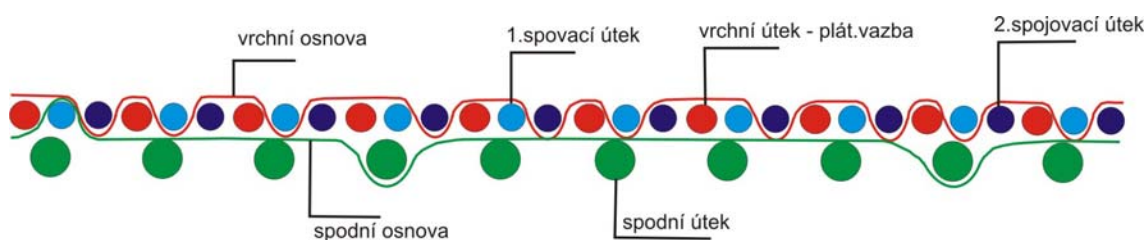


### Třivrstvé síto F – T 64 (Síto s.a.s.)

Příčný řez síta F – T 64:

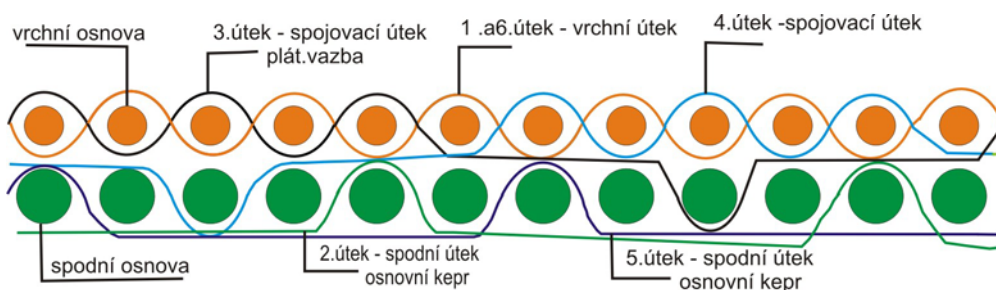


Podélný řez síta F – T 64:

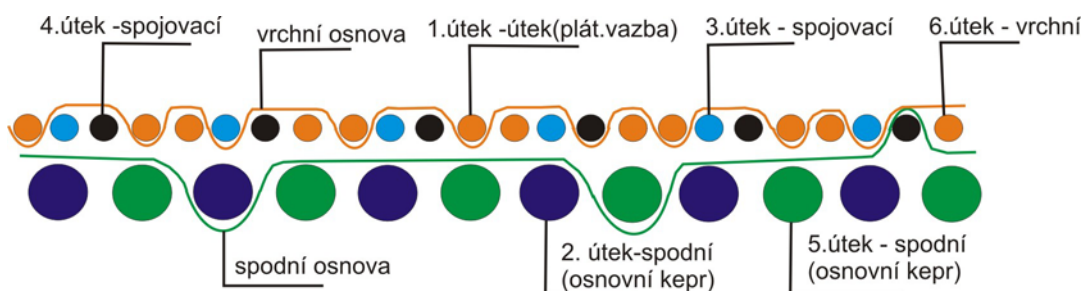


### Třivrstvé síto Integra (Asten Johnson)

Příčný řez síta Integra:

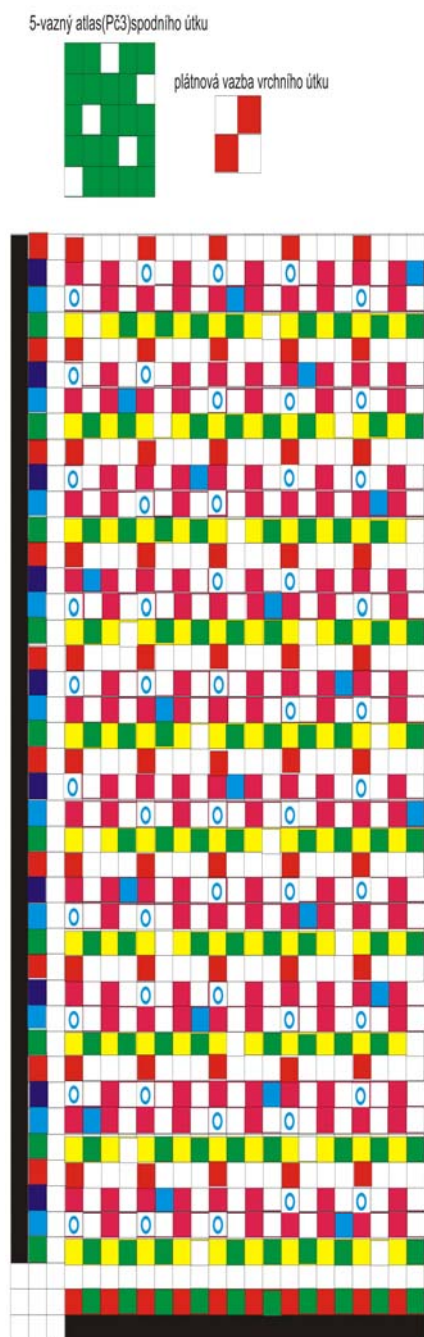


Podélný řez síta Integra:

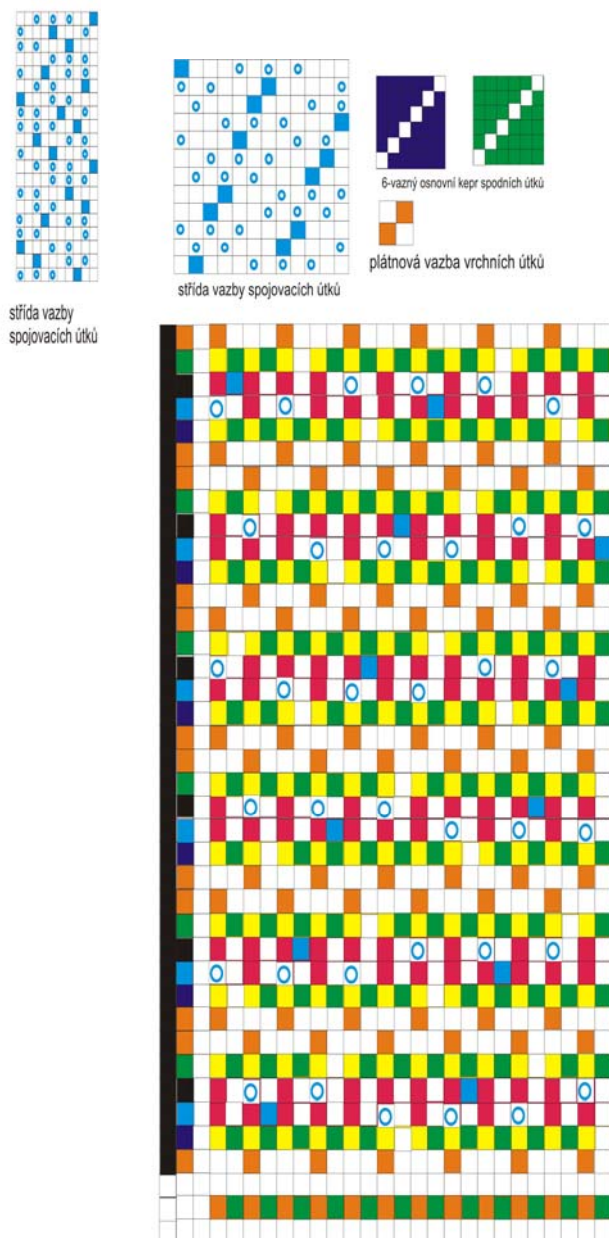


## Střída vazby třívrstvých sítí:

T -64



Integra



- .....spojkový útkový vazní bod s vrchním osnovou(spojkový útek je nad vrchní i spodní osnovou)
- .....spojkový osnovní vazní bod s dolní osnovou (spojkový útek je pod vrchní i spodní osnovou)
- .....spojkový osnovní bod vrchní osnovy (spojkový útek je nad spodní osnovou, ale pod vrchní osnovou)
- .....osnovní bod vrchní osnovy se spodním útkem(spodní útek je vždy pod vrchní osnovou)

## **Příloha 2**

Experimentálně zjištěné hodnoty základních parametrů tkaniny (dostavy útků i osnovy, průměry, tloušťka tkaniny).

Tabulka parametrů síta F-P32

formovací síto F – P32					
měření	K <sub>1</sub> [1/10cm]	K <sub>2</sub> [1/10cm]	d <sub>o</sub> [mm]	d <sub>u</sub> [mm]	t[mm]
1	331,000	282,000	0,171	0,221	0,461
2	332,000	283,000	0,169	0,222	0,463
3	331,000	282,000	0,168	0,221	0,459
4	330,000	284,000	0,171	0,223	0,462
5	331,000	283,000	0,170	0,221	0,458
střední hodnota	331,000	282,800	0,170	0,222	0,461
směrodatná odchylka	0,707	0,837	0,001	0,001	0,002
rozptyl	0,500	0,700	0,000	0,000	0,000
variační koeficient[%]	0,214	0,296	0,768	0,404	0,450
IS	±0,620	±0,733	±0,001	±0,001	±0,002

Tabulka parametrů síta MonoFlex 61

MonoFlex 61			
měření	K <sub>1</sub> [1/10cm]	K <sub>2</sub> [1/10cm]	t[mm]
1	342,000	279,000	0,471
2	343,000	278,000	0,472
3	343,000	277,000	0,471
4	342,000	278,000	0,473
5	343,000	278,000	0,472
střední hodnota	342,600	278,000	0,472
směrodatná odchylka	0,548	0,707	0,001
rozptyl	0,300	0,500	0,000
variační koeficient[%]	0,160	0,254	0,177
IS	±0,480	±0,620	±0,001

Tabulka parametrů síta F-D760

F – D760						
měření	K <sub>1</sub> [1/10cm]	K <sub>2</sub> [1/10cm]	d <sub>o</sub> [mm]	d <sub>uv</sub> [mm]	d <sub>us</sub> [mm]	t[mm]
1	598,000	390,000	0,170	0,170	0,250	0,650
2	600,000	391,000	0,171	0,171	0,252	0,648
3	599,000	389,000	0,172	0,172	0,253	0,649
4	598,000	390,000	0,169	0,169	0,248	0,652
5	597,000	391,000	0,168	0,168	0,249	0,648
střední hodnota	598,400	390,200	0,170	0,170	0,250	0,649
směrodatná odchylka	1,140	0,837	0,002	0,002	0,002	0,002
rozptyl	1,300	0,700	0,000	0,000	0,000	0,000
variační koeficient[%]	0,191	0,214	0,930	0,930	0,828	0,258
IS	±0,999	±0,733	±0,001	±0,001	±0,002	±0,001

Tabulka parametrů sít Kufferath a W+F

Kufferath - sedmivazné				W+F sedmivazné			
měření	K <sub>1</sub> [1/10cm]	K <sub>2</sub> [1/10cm]	t[mm]	měření	K <sub>1</sub> [1/10cm]	K <sub>2</sub> [1/10cm]	t[mm]
1	609,000	466,000	0,560	1	588,000	452,000	0,641
2	610,000	465,000	0,561	2	589,000	453,000	0,645
3	608,000	466,000	0,560	3	601,000	452,000	0,644
4	609,000	467,000	0,562	4	590,000	451,000	0,643
5	610,000	466,000	0,561	5	587,000	453,000	0,641
střední hodnota	609,200	466,000	0,561	střední hodnota	591,000	452,200	0,643
směrodatná odchylka	0,837	0,707	0,001	směrodatná odchylka	5,701	0,837	0,002
rozptyl	0,700	0,500	0,000	rozptyl	32,500	0,700	0,000
variační koeficient[%]	0,137	0,152	0,149	variační koeficient[%]	0,965	0,185	0,278
IS	±0,733	±0,620	±0,001	IS	±4,997	±0,733	±0,002

Tabulka parametrů síta F-D1640

F – D1640						
měření	K <sub>1</sub> [1/10cm]	K <sub>2</sub> [1/10cm]	d <sub>o</sub> [mm]	d <sub>uv</sub> [mm]	d <sub>us</sub> [mm]	t[mm]
1	364,000	244,000	0,301	0,301	0,450	1,433
2	365,000	243,000	0,304	0,304	0,451	1,429
3	364,000	244,000	0,304	0,304	0,452	1,430
4	363,000	243,000	0,310	0,310	0,455	1,435
5	364,000	244,000	0,301	0,301	0,448	1,430
střední hodnota	364,000	243,600	0,304	0,304	0,451	1,431
směrodatná odchylka	0,707	0,548	0,004	0,004	0,003	0,003
rozptyl	0,500	0,300	0,000	0,000	0,000	0,000
variační koeficient[%]	0,194	0,225	1,209	1,209	0,574	0,175
IS	±0,620	±0,480	±0,003	±0,003	±0,002	±0,002

Tabulka parametrů síta SHALIMAR WIRES INDUSTRIES LTD

SHALIMAR WIRES INDUSTRIES LTD			
měření	K <sub>1</sub> [1/10cm]	K <sub>2</sub> [1/10cm]	t[mm]
1	352,000	221,000	1,442
2	353,000	224,000	1,441
3	352,000	223,000	1,339
4	351,000	224,000	1,338
5	352,000	221,000	1,441
střední hodnota	352,000	222,600	1,400
směrodatná odchylka	0,707	1,517	0,056
rozptyl	0,500	2,300	0,003
variační koeficient[%]	0,201	0,681	4,023
IS	±0,620	±1,329	±0,049



Tabulka parametrů síta F-V761

F – V761							
měření	K <sub>1</sub> [1/10cm]	K <sub>2</sub> [1/10cm]	d <sub>0</sub> [mm]	d <sub>uv</sub> [mm]	d <sub>us</sub> [mm]	d <sub>ud</sub> [mm]	t[mm]
1	601,000	384,000	0,171	0,171	0,221	0,172	0,660
2	602,000	385,000	0,169	0,170	0,220	0,171	0,661
3	600,000	383,000	0,169	0,169	0,222	0,170	0,662
4	601,000	384,000	0,170	0,169	0,221	0,171	0,662
5	600,000	385,000	0,169	0,170	0,220	0,172	0,663
střední hodnota	600,800	384,200	0,170	0,170	0,221	0,171	0,662
směrodatná odchylka	0,837	0,837	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
rozptyl	0,700	0,700	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
variační koeficient[%]	0,139	0,218	0,527	0,493	0,379	0,489	0,172
IS	±0,733	±0,733	±0,001	±0,001	±0,001	±0,001	±0,001

Tabulka parametrů síta Magnum J3

Magnum J3			
měření	K <sub>1</sub> [1/10cm]	K <sub>2</sub> [1/10cm]	t[mm]
1	642,000	496,000	0,751
2	643,000	497,000	0,752
3	641,000	495,000	0,752
4	642,000	496,000	0,753
5	643,000	495,000	0,751
střední hodnota	642,200	495,800	0,752
směrodatná odchylka	0,837	0,837	0,001
rozptyl	0,700	0,700	0,000
variační koeficient[%]	0,130	0,169	0,111
IS	±0,733	±0,733	±0,001

Tabulka parametrů síta F-V870

F – V 870							
měření	K <sub>1</sub> [1/10cm]	K <sub>2</sub> [1/10cm]	d <sub>0</sub> [mm]	d <sub>uv</sub> [mm]	d <sub>us</sub> [mm]	d <sub>ud</sub> [mm]	t[mm]
1	696,000	525,000	0,150	0,170	0,200	0,130	0,665
2	697,000	523,000	0,151	0,170	0,202	0,131	0,664
3	696,000	525,000	0,152	0,169	0,201	0,130	0,663
4	695,000	524,000	0,150	0,169	0,199	0,129	0,665
5	696,000	525,000	0,149	0,171	0,200	0,132	0,666
střední hodnota	696,000	524,400	0,150	0,170	0,200	0,130	0,665
směrodatná odchylka	0,707	0,894	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
rozptyl	0,500	0,800	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
variační koeficient[%]	0,102	0,171	0,758	0,493	0,569	0,874	0,172
IS	±0,620	±0,784	±0,001	±0,001	±0,001	±0,001	±0,001

Tabulka parametrů sít Ultima – J a Nippon

ULTIMA - J				NIPPON			
měření	K <sub>1</sub> [1/10cm]	K <sub>2</sub> [1/10cm]	t[mm]	měření	K <sub>1</sub> [1/10cm]	K <sub>2</sub> [1/10cm]	t[mm]
1	591,000	532,000	0,761	1	602,000	474,000	0,759
2	592,000	531,000	0,762	2	603,000	473,000	0,758
3	593,000	535,000	0,763	3	601,000	472,000	0,759
4	591,000	533,000	0,763	4	602,000	473,000	0,758
5	590,000	531,000	0,762	5	604,000	473,000	0,757
střední hodnota	591,400	532,400	0,762	střední hodnota	602,400	473,000	0,758
směrodatná odchylka	1,140	1,673	0,001	směrodatná odchylka	1,140	0,707	0,001
rozptyl	1,300	2,800	0,000	rozptyl	1,300	0,500	0,000
variační koeficient[%]	0,193	0,314	0,110	variační koeficient[%]	0,189	0,149	0,110
IS	±0,999	±1,467	±0,001	IS	±0,999	±0,620	±0,001

Tabulka parametrů síta F-V1640

F – V1640							
měření	K <sub>1</sub> [1/10cm]	K <sub>2</sub> [1/10cm]	d <sub>o</sub> [mm]	d <sub>uv</sub> [mm]	d <sub>us</sub> [mm]	d <sub>ud</sub> [mm]	t[mm]
1	368,000	351,000	0,302	0,301	0,451	0,201	1,450
2	369,000	352,000	0,313	0,305	0,452	0,202	1,453
3	368,000	350,000	0,308	0,299	0,450	0,203	1,451
4	369,000	353,000	0,295	0,303	0,448	0,199	1,448
5	368,000	351,000	0,301	0,300	0,449	0,198	1,446
střední hodnota	368,400	351,400	0,304	0,302	0,450	0,201	1,450
směrodatná odchylka	0,548	1,140	0,007	0,002	0,002	0,002	0,003
rozptyl	0,300	1,300	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
variační koeficient[%]	0,149	0,324	2,273	0,799	0,351	1,034	0,186
IS	±0,480	±0,999	±0,006	±0,002	±0,001	±0,002	±0,002

Tabulka parametrů síta F-V1660

F – V 1660							
měření	K <sub>1</sub> [1/10cm]	K <sub>2</sub> [1/10cm]	d <sub>o</sub> [mm]	d <sub>uv</sub> [mm]	d <sub>us</sub> [mm]	d <sub>ud</sub> [mm]	t[mm]
1	601,000	521,000	0,171	0,171	0,321	0,321	0,932
2	600,000	522,000	0,175	0,175	0,322	0,322	0,935
3	599,000	521,000	0,172	0,172	0,325	0,325	0,934
4	600,000	523,000	0,169	0,169	0,198	0,198	0,929
5	600,000	520,000	0,168	0,168	0,320	0,320	0,930
střední hodnota	600,000	521,400	0,171	0,171	0,297	0,297	0,932
směrodatná odchylka	0,707	1,140	0,003	0,003	0,055	0,055	0,003
rozptyl	0,500	1,300	0,000	0,000	0,003	0,003	0,000
variační koeficient[%]	0,118	0,219	1,602	1,602	18,670	18,670	0,274
IS	±0,620	±0,999	±0,002	±0,002	±0,049	±0,049	±0,002

Tabulka parametrů síta Durapac XL

DURAPAC XL			
měření	K <sub>1</sub> [1/10cm]	K <sub>2</sub> [1/10cm]	t[mm]
1	441,000	413,000	1,320
2	442,000	414,000	1,323
3	443,000	411,000	1,324
4	441,000	410,000	1,326
5	440,000	415,000	1,319
střední hodnota	441,400	412,600	1,322
směrodatná odchylka	1,140	2,074	0,003
rozptyl	1,300	4,300	0,000
variační koeficient[%]	0,258	0,503	0,218
IS	±0,999	±1,818	±0,003

Tabulka parametrů síta F-T40

F-T40								
měření	K <sub>1</sub> [1/10cm]	K <sub>2</sub> [1/10cm]	d <sub>os</sub>	d <sub>ov</sub>	d <sub>uv</sub>	d <sub>usp</sub>	d <sub>us</sub>	t[mm]
1	390,000	380,000	0,301	0,301	0,202	0,202	0,451	1,481
2	391,000	381,000	0,298	0,298	0,199	0,199	0,452	1,484
3	391,000	379,000	0,302	0,302	0,200	0,200	0,448	1,486
4	390,000	380,000	0,300	0,300	0,205	0,205	0,450	1,484
5	389,000	380,000	0,301	0,301	0,200	0,200	0,449	1,483
střední hodnota	390,200	380,000	0,300	0,300	0,201	0,201	0,450	1,484
směrodatná odchylka	0,837	0,707	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
rozptyl	0,700	0,500	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
variační koeficient[%]	0,214	0,186	0,505	0,505	1,187	1,187	0,351	0,122
IS	±0,733	±0,620	±0,001	±0,001	±0,002	±0,002	±0,001	±0,002

Tabulka parametrů síta Kufferath

3vrstvé síto Kufferath			
	K <sub>1</sub> [1/10cm]	K <sub>2</sub> [1/10cm]	t[mm]
1	412,000	450,000	1,037
2	413,000	452,000	1,110
3	412,000	450,000	1,052
4	411,000	450,000	1,041
5	412,000	451,000	1,098
střední hodnota	412,000	450,600	1,068
směrodatná odchylka	0,707	0,894	0,034
rozptyl	0,500	0,800	0,001
variační koeficient[%]	0,172	0,198	3,180
IS	±0,620	±0,784	±0,030

Tabulka parametrů síta F-T64

F-T64								
měření	K <sub>1</sub> [1/10cm]	K <sub>2</sub> [1/10cm]	d <sub>os</sub>	d <sub>ov</sub>	d <sub>usp</sub>	d <sub>us</sub>	d <sub>uv</sub>	t[mm]
1	620,000	500,000	0,211	0,151	0,171	0,321	0,171	0,971
2	621,000	501,000	0,210	0,152	0,170	0,322	0,170	0,972
3	620,000	502,000	0,209	0,150	0,169	0,323	0,169	0,969
4	620,000	500,000	0,208	0,151	0,172	0,319	0,172	0,971
5	621,000	499,000	0,210	0,153	0,169	0,320	0,169	0,970
střední hodnota	620,400	500,400	0,210	0,151	0,170	0,321	0,170	0,971
směrodatná odchylka	0,548	1,140	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001
rozptyl	0,300	1,300	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
variační koeficient[%]	0,088	0,228	0,544	0,753	0,766	0,493	0,766	0,117
IS	±0,480	±0,999	±0,001	±0,001	±0,001	±0,001	±0,001	±0,001

Tabulka parametrů síta Integra

INTEGRA			
měření	K <sub>1</sub> [1/10cm]	K <sub>2</sub> [1/10cm]	t[mm]
1	287,000	354,000	0,910
2	288,000	355,000	0,911
3	288,000	354,000	0,912
4	287,000	353,000	0,909
5	288,000	354,000	0,908
střední hodnota	287,600	354,000	0,910
směrodatná odchylka	0,548	0,707	0,002
rozptyl	0,300	0,500	0,000
variační koeficient[%]	0,190	0,200	0,174
IS	±0,480	±0,620	±0,001

### **Příloha 3**

Experimentálně zjištěné a vypočtené hodnoty vybraných užitečných vlastností  
formovacích sít  
(FSI, DI, prodyšnosti, počet nosných prvků NP)

Tabulka užitečných parametrů síta F-P32

F-P32							
měření	K <sub>1</sub> [1/10cm]	K <sub>2</sub> [1/10cm]	T-číslo [1/10cm]	FSI [-]	DI [-]	NP [1/cm <sup>2</sup> ]	CFM [ft/min]
1	331,000	282,000	613,000	94,251	41,186	933,420	575,000
2	332,000	283,000	615,000	94,556	40,613	939,560	565,000
3	331,000	282,000	613,000	94,251	41,616	933,420	581,000
4	330,000	284,000	614,000	94,353	41,406	937,200	574,000
5	331,000	283,000	614,000	94,386	40,901	936,730	569,000
průměr	331,000	282,800	613,800	94,359	42,668	936,066	572,800
směrodatná odchylka	0,707	0,837	0,837	0,125	0,398	2,643	6,099
rozptyl	0,500	0,700	0,700	0,016	0,158	6,984	37,200
variační koeficient[%]	0,214	0,296	0,136	0,133	0,967	0,282	1,065
IS	±0,620	±0,733	±0,733	±0,110	±0,349	±2,316	±5,346

Tabulka užitečných parametrů síta F-P29-C

F-P29-C							
měření	K <sub>1</sub> [1/10cm]	K <sub>2</sub> [1/10cm]	T-číslo [1/10cm]	FSI [-]	DI [-]	NP [1/cm <sup>2</sup> ]	CFM [ft/min]
1	288,000	228,000	516,000	79,654	12,741	656,640	556,00
2	289,000	227,000	516,000	79,688	12,293	656,030	545,00
3	287,000	228,000	515,000	79,485	12,393	654,360	558,00
4	288,000	226,000	514,000	79,383	12,514	650,880	548,00
5	288,000	227,000	515,000	79,519	12,915	653,760	553,00
průměr	288,000	227,200	515,200	79,546	12,571	654,334	552,00
směrodatná odchylka	0,707	0,837	0,837	0,125	0,255	2,261	5,43
rozptyl	0,500	0,700	0,700	0,016	0,065	5,114	29,50
variační koeficient[%]	0,246	0,368	0,162	0,158	2,027	0,346	0,98
IS	±0,620	±0,733	±0,733	±0,110	±0,223	±1,982	±4,76

Tabulka užitečných parametrů síta F-D760

F-D760								
měření	K <sub>1</sub> [1/10cm]	K <sub>2</sub> [1/10cm]	T-číslo [1/10cm]	FSI [-]	DI [-]	NP [1/cm <sup>2</sup> ]	CFM [ft/min]	K <sub>3</sub> [1/10cm]
1	598,000	390,000	793,000	90,431	28,063	338,169	399,000	195,000
2	600,000	391,000	796,000	90,817	28,558	341,040	405,000	196,000
3	599,000	389,000	795,000	90,744	27,850	340,472	397,000	196,000
4	598,000	390,000	793,000	90,431	28,555	338,169	406,000	195,000
5	597,000	391,000	791,000	90,118	27,641	335,872	392,000	194,000
průměr	598,400	390,200	793,600	90,508	29,597	338,744	399,800	195,200
směrodatná odchylka	1,140	0,837	1,949	0,281	0,414	2,072	392,000	0,837
rozptyl	1,300	0,700	3,800	0,079	0,171	4,291	33,700	0,700
variační koeficient[%]	0,191	0,214	0,246	0,310	1,471	0,612	98,049	0,429
IS	±0,999	±0,733	±1,709	±0,246	±0,363	±1,816	±343,597	±0,733

Tabulka užitných parametrů síta F-V761

F-V761								
měření	K <sub>1</sub> [1/10cm]	K <sub>2</sub> [1/10cm]	T-číslo [1/10cm]	FSI [-]	DI [-]	NP [1/cm <sup>2</sup> ]	CFM [ft/min]	K <sub>3</sub> [1/10cm]
1	601,000	384,000	857,000	92,124	27,841	446,182	446,00	256,000
2	602,000	385,000	857,000	91,968	27,412	445,179	438,00	255,000
3	600,000	383,000	856,000	92,063	27,208	445,440	437,00	256,000
4	601,000	384,000	856,000	91,907	27,653	444,440	443,00	255,000
5	600,000	385,000	855,000	91,846	27,538	443,700	443,00	255,000
průměr	600,800	384,200	856,200	91,982	27,530	444,988	441,40	255,400
směrodatná odchylka	0,837	0,837	0,837	0,113	0,239	0,952	3,78	0,548
rozptyl	0,700	0,700	0,700	0,013	0,057	0,907	14,30	0,300
variační koeficient[%]	0,139	0,218	0,098	0,123	0,870	0,214	0,86	0,214
IS	±0,733	±0,733	±0,733	±0,099	±0,210	±0,835	±3,31	±0,480

Tabulka užitných parametrů síta F-V870

F-V870								
měření	K <sub>1</sub> [1/10cm]	K <sub>2</sub> [1/10cm]	T-číslo [1/10cm]	FSI [-]	DI [-]	NP [1/cm <sup>2</sup> ]	CFM [ft/min]	K <sub>3</sub> [1/10cm]
1	696,000	525,000	1046,000	125,476	51,306	462,840	475,000	350,000
2	697,000	523,000	1048,000	125,793	50,465	464,829	469,000	351,000
3	696,000	525,000	1048,000	126,025	51,522	465,485	477,000	352,000
4	695,000	524,000	1045,000	125,434	51,532	462,175	478,000	350,000
5	696,000	525,000	1047,000	125,750	51,846	464,162	480,000	351,000
průměr	696,000	524,400	1046,800	125,695	51,335	463,898	475,800	350,800
směrodatná odchylka	0,707	0,894	1,304	0,244	0,523	1,373	4,207	0,837
rozptyl	0,500	0,800	1,700	0,059	0,273	1,886	17,700	0,700
variační koeficient[%]	0,102	0,171	0,125	0,194	1,018	0,296	0,884	0,239
IS	±0,620	±0,784	±1,143	±0,214	±0,458	±1,204	±3,688	±0,733

Tabulka užitných parametrů síta F-D1640

F-D1640								
měření	K <sub>1</sub> [1/10cm]	K <sub>2</sub> [1/10cm]	T-číslo [1/10cm]	FSI [-]	DI [-]	NP [1/cm <sup>2</sup> ]	CFM [ft/min]	K <sub>3</sub> [1/10cm]
1	364,000	244,000	486,000	47,617	23,263	136	544,000	122,000
2	365,000	243,000	488,000	47,903	23,381	135	549,000	123,000
3	364,000	244,000	486,000	47,617	23,049	136	539,000	122,000
4	363,000	243,000	484,000	47,330	22,998	135	540,000	121,000
5	364,000	244,000	486,000	47,617	23,221	135	543,000	122,000
průměr	364,000	243,600	486,000	47,617	23,182	135,400	543,000	122,000
směrodatná odchylka	0,707	0,548	1,414	0,202	0,157	0,548	3,937	0,707
rozptyl	0,500	0,300	2,000	0,041	0,025	0,300	15,500	0,500
variační koeficient[%]	0,194	0,225	0,291	0,425	0,679	0,405	0,725	0,580
IS	±0,620	±0,480	±1,240	±0,177	±0,138	±0,480	±3,451	±0,620

Tabulka užitných parametrů síta F-V1640

F-V1640								
měření	K <sub>1</sub> [1/10cm]	K <sub>2</sub> [1/10cm]	T-číslo [1/10cm]	FSI [-]	DI [-]	NP [1/cm <sup>2</sup> ]	CFM [ft/min]	K <sub>3</sub> [1/10cm]
1	368,000	351,000	602,000	83,508	34,663	266,947	483,00	234,000
2	369,000	352,000	604,000	83,835	33,313	268,817	475,00	235,000
3	368,000	350,000	602,000	83,508	33,628	266,947	480,00	234,000
4	369,000	353,000	602,000	83,287	34,497	266,529	476,00	233,000
5	368,000	351,000	602,000	83,508	34,446	266,947	481,00	234,000
průměr	368,400	351,400	602,400	83,529	34,110	267,237	479,00	234,000
směrodatná odchylka	0,548	1,140	0,894	0,196	0,599	0,901	3,39	0,707
rozptyl	0,300	1,300	0,800	0,038	0,359	0,812	11,50	0,500
variační koeficient[%]	0,149	0,324	0,148	0,235	1,757	0,337	0,71	0,302
IS	±0,480	±0,999	±0,784	±0,172	±0,525	±0,790	±2,97	±0,620

Tabulka užitných parametrů síta F-V1660

F-V1660								
měření	K <sub>1</sub> [1/10cm]	K <sub>2</sub> [1/10cm]	T-číslo [1/10cm]	FSI [-]	DI [-]	NP [1/cm <sup>2</sup> ]	CFM [ft/min]	K <sub>3</sub> [1/10cm]
1	601,000	521,000	947,000	126,463	43,020	301,522	420,000	346,000
2	600,000	522,000	945,000	126,136	43,717	300,150	435,000	345,000
3	599,000	521,000	943,000	125,810	42,092	298,781	430,000	344,000
4	600,000	523,000	945,000	126,136	42,838	300,150	426,000	345,000
5	600,000	520,000	946,000	126,411	43,041	301,020	421,000	346,000
průměr	600,000	521,400	945,200	126,191	43,145	300,325	426,400	345,200
směrodatná odchylka	0,707	1,140	1,483	0,262	0,724	1,044	6,269	0,837
rozptyl	0,500	1,300	2,200	0,068	0,524	1,090	39,300	0,700
variační koeficient[%]	0,118	0,219	0,157	0,207	1,583	0,348	1,470	0,242
IS	±0,620	±0,999	±1,300	±0,229	±0,635	±0,915	±5,495	±0,733

Tabulka užitných parametrů síta F-T40

F – T40								
měření	K <sub>1</sub> [1/10cm]	K <sub>2</sub> [1/10cm]	T-číslo [1/10cm]	FSI [-]	DI [-]	NP [1/cm <sup>2</sup> ]	CFM [ft/min]	K <sub>3</sub> [1/10cm]
1	390,000	380,000	675,000	162,560	46,812	555,750	493,00	285,000
2	391,000	381,000	677,000	163,068	47,419	559,130	487,00	286,000
3	391,000	379,000	675,000	162,391	46,785	555,220	486,00	284,000
4	390,000	380,000	675,000	162,560	46,523	555,750	495,00	285,000
5	389,000	380,000	674,000	162,391	47,005	554,325	488,00	285,000
průměr	390,200	380,000	675,200	162,594	46,909	556,035	489,80	285,000
směrodatná odchylka	0,837	0,707	1,095	0,278	0,333	1,825	3,96	0,707
rozptyl	0,700	0,500	1,200	0,077	0,111	3,332	15,70	0,500
variační koeficient[%]	0,214	0,186	0,162	0,171	0,710	0,328	0,81	0,248
IS	±0,733	±0,620	±0,960	±0,244	±0,292	±1,600	±3,47	±0,619



Tabulka užitečných parametrů síta F-T64

F-T64								
měření	K <sub>1</sub> [1/10cm]	K <sub>2</sub> [1/10cm]	T-číslo [1/10cm]	FSI [-]	DI [-]	NP [1/cm <sup>2</sup> ]	CFM [ft/min]	K <sub>3</sub> [1/10cm]
1	620,000	500,000	997,000	190,105	54,610	1168,700	430,000	377
2	621,000	501,000	999,000	190,500	54,083	1173,690	425,000	378
3	620,000	502,000	996,000	189,879	53,553	1165,600	420,000	376
4	620,000	500,000	997,000	190,105	53,086	1168,700	418,000	377
5	621,000	499,000	998,000	190,274	52,600	1170,585	415,000	377
průměr	620,400	500,400	997,400	190,173	53,586	1169,455	421,600	377,000
směrodatná odchylka	0,548	1,140	1,140	0,231	0,794	2,967	5,941	0,707
rozptyl	0,300	1,300	1,300	0,053	0,630	8,803	35,300	0,500
variační koeficient[%]	0,088	0,228	0,114	0,121	1,481	0,254	1,409	0,188
IS	±0,480	±0,999	±0,999	±0,202	±0,696	±2,601	±5,208	±0,619

**Tabulky prodyšnosti vzduchu a propustnosti vody se statistickým vyhodnocením jednotlivých formovacích sít**

Tabulka prodyšnosti a propustnosti síta F-P32

F-P32			
	CFM [ft/min]	prodyšnost [m/s]	propustnost [mm/s]
1	575,000	2,556	460,000
2	565,000	2,511	465,000
3	581,000	2,582	450,000
4	574,000	2,551	445,000
5	569,000	2,529	438,000
průměr	572,800	2,546	451,600
směrodatná odchylka	6,099	0,027	10,968
rozptyl	37,200	0,001	120,300
variační koeficient[%]	1,065	1,065	2,429
IS	±5,346	±0,024	±9,614

Tabulka prodyšnosti a propustnosti síta F-P29-C

F-P29-C			
měření	CFM [ft/min]	prodyšnost [m/s]	propustnost [mm/s]
1	556,00	2,47	437,00
2	545,00	2,42	440,00
3	558,00	2,48	443,00
4	548,00	2,44	435,00
5	553,00	2,46	438,00
průměr	552,00	2,45	438,60
směrodatná odchylka	5,43	0,02	3,05
rozptyl	29,50	0,00	9,30
variační koeficient[%]	0,98	0,98	0,70
IS	±4,76	±0,02	±2,67

Tabulka prodyšnosti a propustnosti síta F-D760

F-D760			
měření	CFM [ft/min]	prodyšnost [m/s]	propustnost [mm/s]
1	399,000	1,773	335,000
2	405,000	1,800	345,000
3	397,000	1,764	332,000
4	406,000	1,804	330,000
5	392,000	1,742	349,000
průměr	399,800	1,777	338,200
směrodatná odchylka	5,805	0,026	8,349
rozptyl	33,700	0,001	69,700
variační koeficient[%]	1,452	1,452	2,469
IS	±5,088	±0,023	±7,318

Tabulka prodyšnosti a propustnosti síta F-V761

F-V761			
měření	CFM [ft/min]	prodyšnost [m/s]	propustnost [mm/s]
1	446,00	1,98	343,00
2	438,00	1,95	350,00
3	437,00	1,94	338,00
4	443,00	1,97	345,00
5	443,00	1,97	341,00
průměr	441,40	1,96	343,40
směrodatná odchylka	3,78	0,02	4,51
rozptyl	14,30	0,00	20,30
variační koeficient[%]	0,86	0,86	1,31
IS	±3,31	±0,01	±3,95

Tabulka prodyšnosti a propustnosti síta F-V870

F-V870			
měření	CFM [ft/min]	prodyšnost [m/s]	propustnost [mm/s]
1	475,00	2,11	402,00
2	469,00	2,08	405,00
3	477,00	2,12	399,00
4	478,00	2,12	407,00
5	480,00	2,13	404,00
průměr	475,80	2,11	403,40
směrodatná odchylka	4,21	0,02	3,05
rozptyl	17,70	0,00	9,30
variační koeficient[%]	0,88	0,88	0,76
IS	±3,69	±0,02	±2,67

Tabulka prodyšnosti a propustnosti síta F-D1640

F-D1640			
měření	CFM [ft/min]	prodyšnost [m/s]	propustnost [mm/s]
1	544,00	2,42	409,00
2	549,00	2,44	405,00
3	539,00	2,40	415,00
4	540,00	2,40	402,00
5	543,00	2,41	413,00
průměr	543,00	2,41	408,80
směrodatná odchylka	3,94	0,02	5,40
rozptyl	15,50	0,00	29,20
variační koeficient[%]	0,73	0,73	1,32
IS	±3,45	±0,02	±4,74

Tabulka prodyšnosti a propustnosti síta F-V1640

F-V1640			
měření	CFM [ft/min]	prodyšnost [m/s]	propustnost [mm/s]
1	483,00	2,15	400,00
2	475,00	2,11	387,00
3	480,00	2,13	405,00
4	476,00	2,12	395,00
5	481,00	2,14	399,00
průměr	479,00	2,13	397,20
směrodatná odchylka	3,39	0,02	6,72
rozptyl	11,50	0,00	45,20
variační koeficient[%]	0,71	0,71	1,69
IS	±2,97	±0,01	±5,89

Tabulka prodyšnosti a propustnosti síta F-V1660

F-V1660			
	CFM [ft/min]	prodyšnost [m/s]	propustnost [mm/s]
1	420,00	1,87	338,00
2	435,00	1,93	345,00
3	430,00	1,91	333,00
4	426,00	1,89	335,00
5	421,00	1,87	337,00
průměr	426,40	1,90	337,60
směrodatná odchylka	6,27	0,03	4,56
rozptyl	39,30	0,00	20,80
variační koeficient[%]	1,47	1,47	1,35
IS	±5,49	±0,02	±4,00

Tabulka prodyšnosti a propustnosti síta F-T64

F-T64			
	CFM [ft/min]	prodyšnost [m/s]	propustnost [mm/s]
1	430,00	1,91	345,00
2	425,00	1,89	339,00
3	420,00	1,87	335,00
4	418,00	1,86	343,00
5	415,00	1,84	348,00
průměr	421,60	1,87	342,00
směrodatná odchylka	5,94	0,03	5,10
rozptyl	35,30	0,00	26,00
variační koeficient[%]	1,41	1,41	1,49
IS	±5,21	±0,02	±4,47

Tabulka prodyšnosti a propustnosti síta F-T40

F-T40			
měření	CFM [ft/min]	prodyšnost [m/s]	propustnost [mm/s]
1	493,00	2,19	-----
2	487,00	2,16	-----
3	486,00	2,16	-----
4	495,00	2,20	-----
5	488,00	2,17	-----
průměr	489,80	2,18	-----
směrodatná odchylka	3,96	0,02	-----
rozptyl	15,70	0,00	-----
variační koeficient[%]	0,81	0,81	-----
IS	±3,47	±0,02	-----

#### **Příloha 4**

Grafy tahových charakteristik (do přetrhu, cyklické i s konstantním zatěžováním)  
jednotlivých formovacích sít

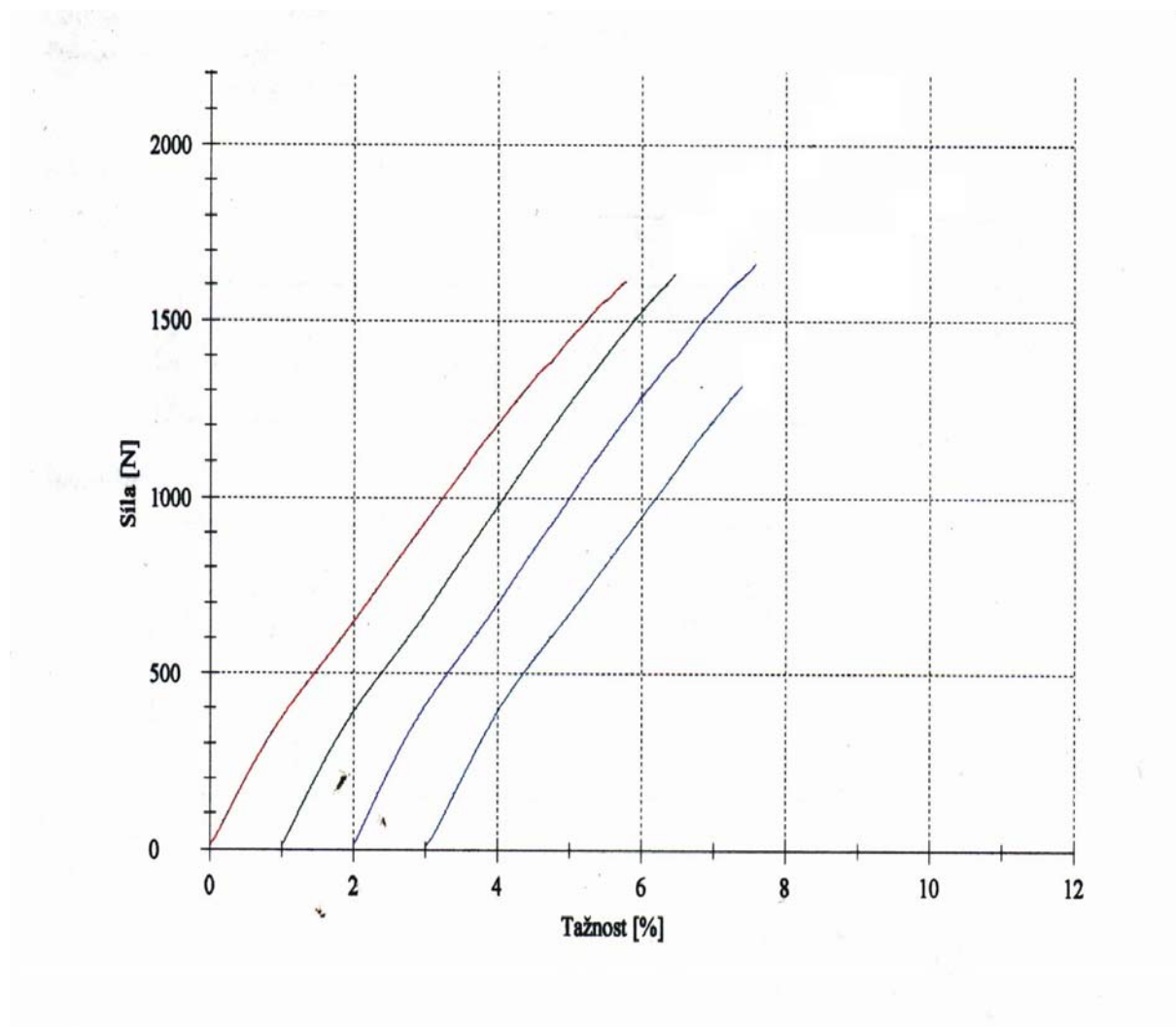
## Jednovrstvé síto F-P32

### Tahová zkouška do přetrhu

Tabulka naměřených a vyhodnocených dat

měření	F max [N]	$\varepsilon$ [%]	$\varepsilon$ [%] při 50 N	$\varepsilon$ [%] při 100N
1	1610,78	5,82	0,63	1,45
2	1650,54	5,38	0,59	1,38
3	1682,40	5,57	0,55	1,30
spoj F-P32 [10cm]	1346,63	4,39	0,62	1,35
statistika měření	Fmax [N]	$\varepsilon$ [%]	$\varepsilon$ [%] při 50 N	$\varepsilon$ [%] při 100N
průměr	1647,907	5,590	0,590	1,377
směrodatná odchylka	35,883	0,221	0,040	0,075
rozptyl	1287,557	0,049	0,002	0,006
variační koeficient	2,177	3,948	6,780	5,452
IS	$\pm 40,604$	$\pm 0,250$	$\pm 0,045$	$\pm 0,085$

## Graf průběhu tahové zkoušky do přetrhu síta F-P32

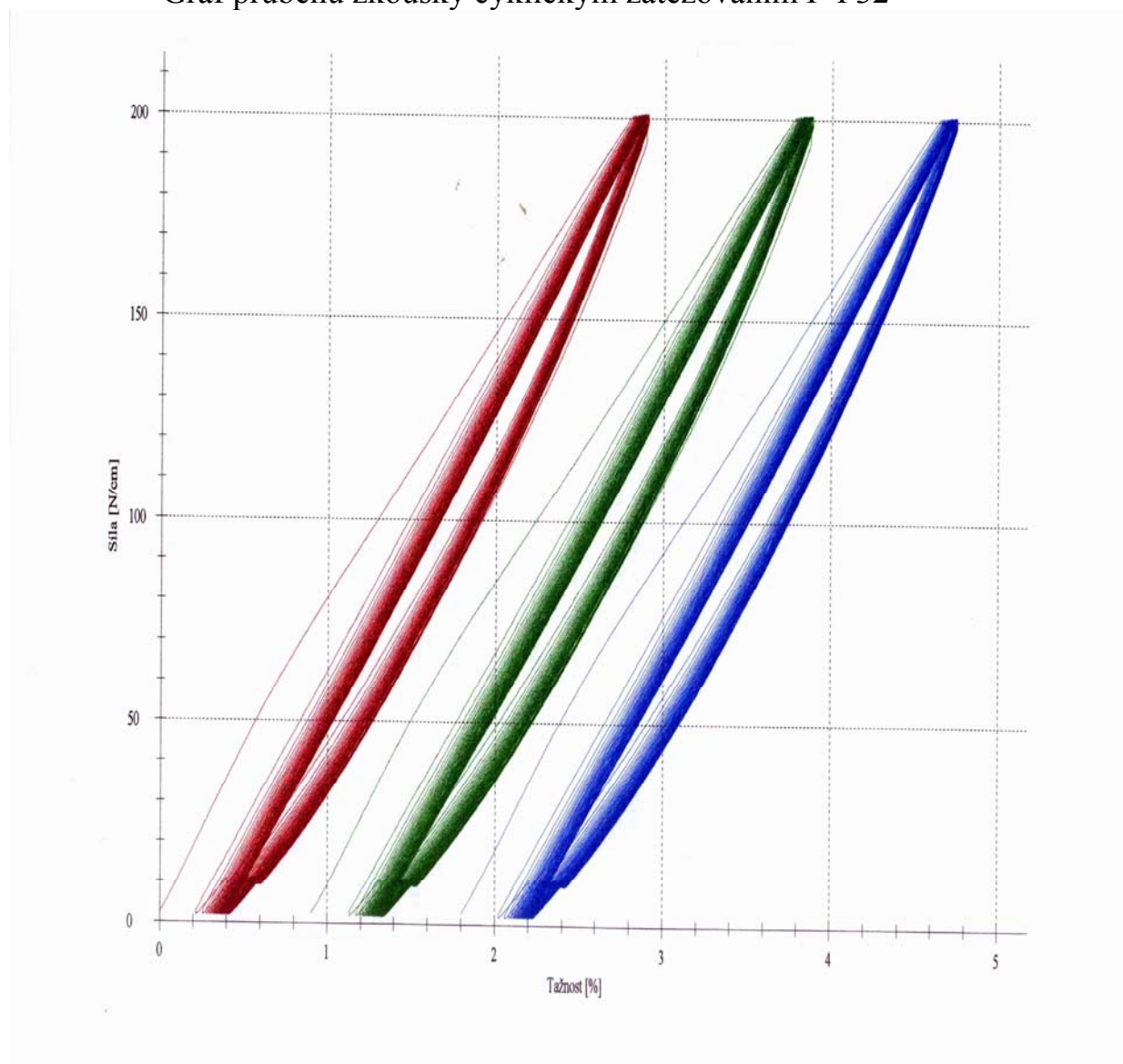


## Zkouška cyklickým zatěžováním F-P32

Tabulka naměřených a vyhodnocených dat

měření	Tloušťka [mm]	$\epsilon$ celková [%]	$\epsilon$ plastická [%]	$\epsilon$ elastická [%]	W práce [N.cm/ cm <sup>2</sup> ]
1	0,448	2,876	0,37	2,506	1004,656
2	0,488	2,959	0,39	2,569	1038,37
3	0,449	2,919	0,378	2,541	1020,27
statistika měření	Tloušťka [mm]	$\epsilon$ celková [%]	$\epsilon$ plastická [%]	$\epsilon$ elastická [%]	W práce [N.cm/ cm <sup>2</sup> ]
průměr	0,462	2,918	0,379	2,539	1021,099
směrodatná odchylka	0,023	0,042	0,010	0,032	16,872
rozptyl	0,001	0,002	0,000	0,001	284,673
variační koeficient	4,941	1,423	2,654	1,243	1,652
IS	±0,026	±0,047	±0,011	±0,036	±19,092

Graf průběhu zkoušky cyklickým zatěžováním F-P32



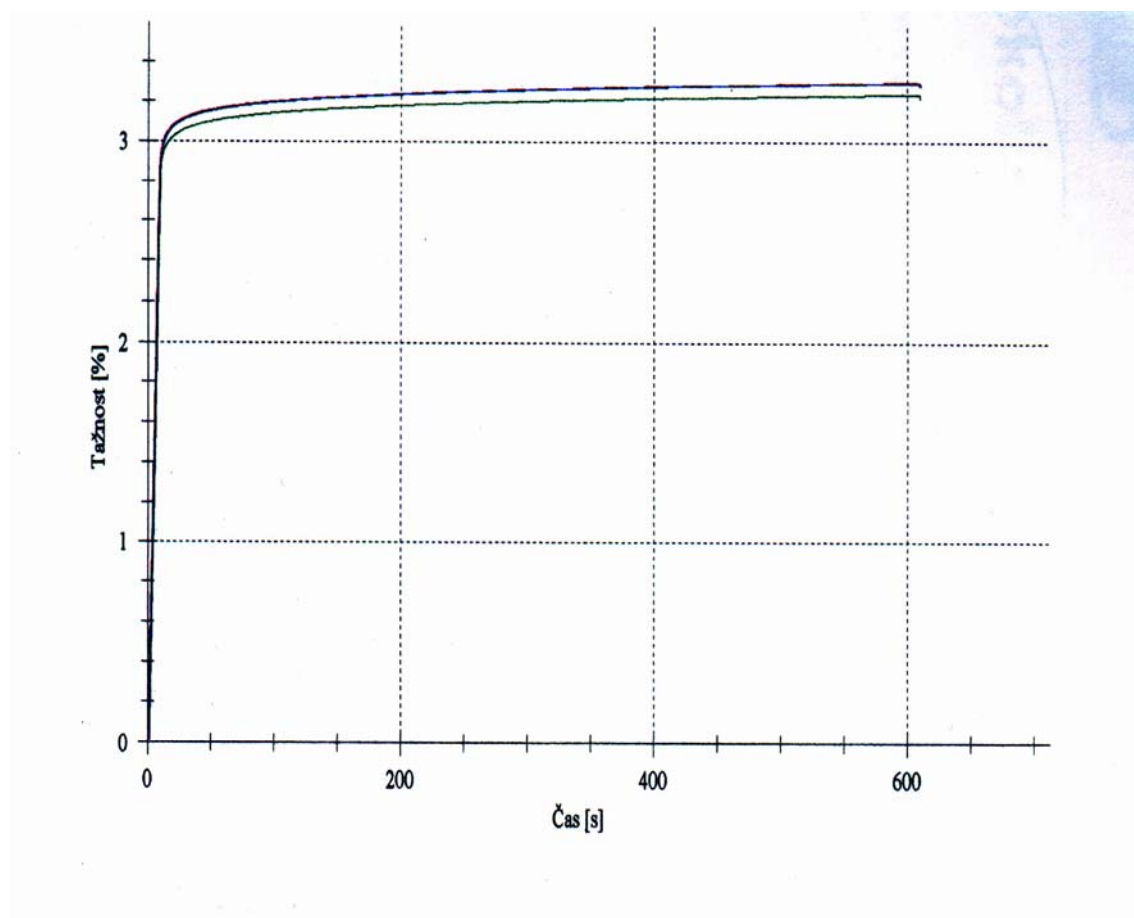
### Zkouška konstantním zatížením F-P32

Tabulka naměřených a vyhodnocených dat

měření	$\varepsilon$ [%]	F [N/cm]
1	3,3	200,51
2	3,24	200,68
3	3,3	200,44
statistika měření	$\varepsilon$ [%]	F [N/cm]
průměr	3,280	200,543
směrodatná odchylka	0,035	0,123
rozptyl	0,001	0,015
variační koeficient	1,056	0,062
IS	$\pm 0,039$	$\pm 0,140$



Graf průběhu zkoušky konstantním zatížením F-P32



### Dvouvrstvé síto F-D761 a dvou a půlvrstvé síto F-V761

#### Tahová zkouška do přetrhu

Tabulka naměřených a vyhodnocených dat

Měření	Fmax[N]	$\varepsilon$ [%]	$\varepsilon$ [%] při 50 N	$\varepsilon$ [%] při 100N
1-FD760	3311,87	6,93	0,43	0,79
2-FD760	3333,84	7,13	0,44	0,81
3-FD760	3270,14	7,57	0,45	0,85
4-FV761	3514,89	7,08	0,34	0,67
5-FV761	3715,94	6,93	0,33	0,64
6-FV761	3774,26	7,28	0,42	0,73
spojD760[10cm]	2580,66	5,57	0,35	0,7
spojV761[10cm]	2963,34	6,32	0,37	0,78

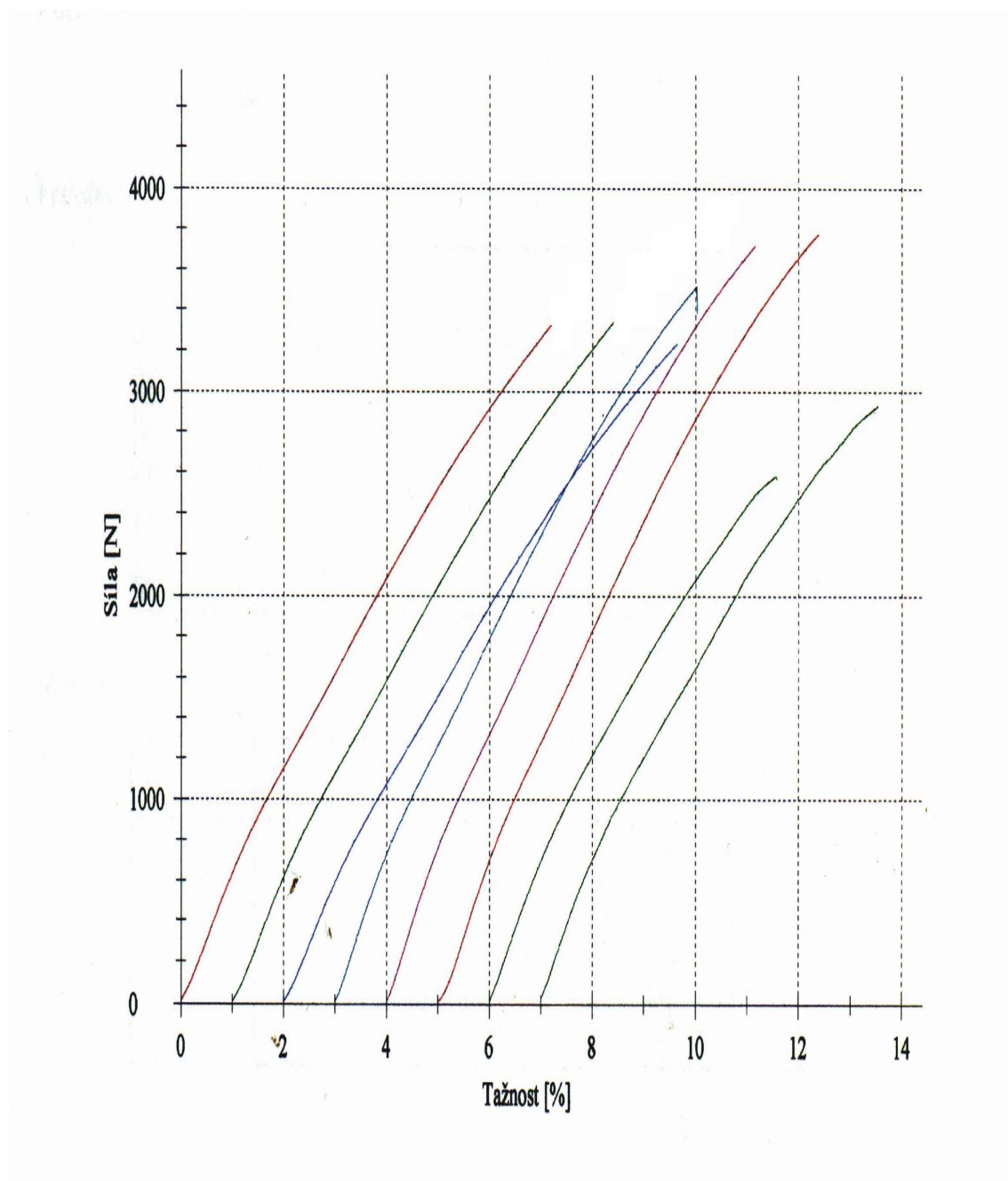
### Statistické vyhodnocení tahové zkoušky do přetrhu síta F-D760

statistika měření	Fmax [N]	$\varepsilon$ [%]	$\varepsilon$ [%] při 50 N	$\varepsilon$ [%] při 100N
průměr	3305,283	7,210	0,440	0,817
směrodatná odchylka	32,357	0,327	0,010	0,031
rozptyl	1046,961	0,107	0,000	0,001
variační koeficient	0,979	4,541	2,273	3,741
IS	±36,614	±0,370	±0,011	±0,035

### Statistické vyhodnocení tahové zkoušky do přetrhu síta F-V761

statistika měření	Fmax [N]	$\varepsilon$ [%]	$\varepsilon$ [%] při 50 N	$\varepsilon$ [%] při 100N
průměr	3668,363	7,097	0,363	0,680
směrodatná odchylka	136,073	0,176	0,049	0,046
rozptyl	18515,854	0,031	0,002	0,002
variační koeficient [%]	3,709	2,474	13,577	6,739
IS	±153,978	±0,199	±0,056	±0,052

Graf průběhu tahové zkoušky do přetrhu sít F-D760 (1-3 měření) a F-V761 (4 -6měření) + spoj F-D760 (7.měření), spoj F-V761(8.měření)

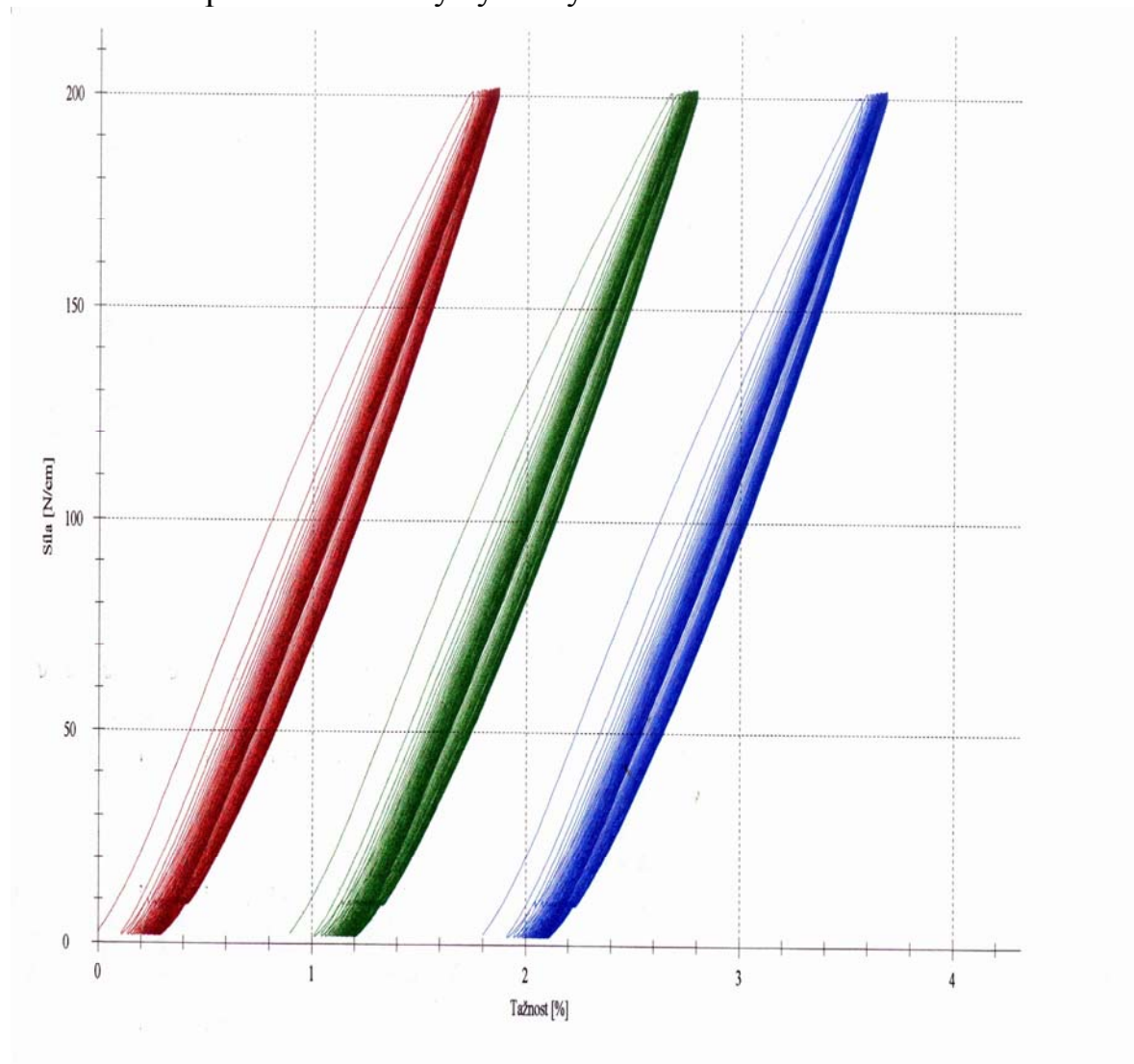


## Zkouška cyklickým zatěžováním síta F-D760

### Tabulka naměřených a vyhodnocených dat

měření	Tloušťka [mm]	$\varepsilon$ celková [%]	$\varepsilon$ plastická [%]	$\varepsilon$ elastická [%]	W práce [N.cm/ cm <sup>2</sup> ]
1	0,648	1,841	0,247	1,593	480,812
2	0,646	1,87	0,258	1,612	490,938
3	0,647	1,859	0,258	1,601	482,719
statistika měření	Tloušťka [mm]	$\varepsilon$ celková [%]	$\varepsilon$ plastická [%]	$\varepsilon$ elastická [%]	W práce [N.cm/ cm <sup>2</sup> ]
průměr	0,647	1,857	0,254	1,602	484,823
směrodatná odchylka	0,001	0,015	0,006	0,010	5,381
rozptyl	0,000	0,000	0,000	0,000	28,954
variační koeficient [%]	0,155	0,789	2,497	0,595	1,110
IS	±0,001	±0,017	±0,007	±0,011	±6,089

Graf průběhu zkoušky cyklickým zatěžováním síta F-D760

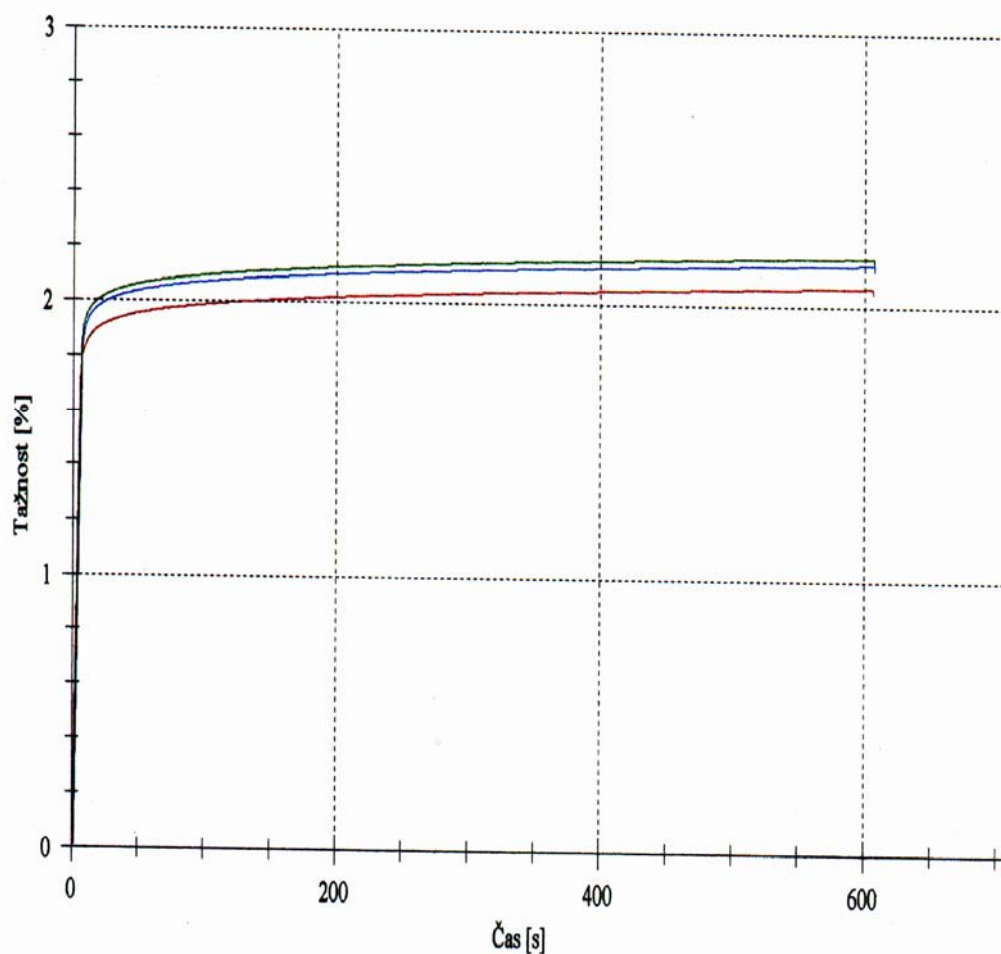


## Zkouška konstantním zatížením síta F-D760

Tabulka naměřených a vyhodnocených dat

měření	$\varepsilon$ [%]	F[N/cm]
1	2,07	200,94
2	2,18	200,78
3	2,15	201,07
statistika měření	$\varepsilon$ [%]	F[N/cm]
průměr	2,133	200,93
směrodatná odchylka	0,057	0,145
rozptyl	0,003	0,021
variační koeficient [%]	2,665	0,072
IS	$\pm 0,064$	$\pm 0,164$

Graf průběhu zkoušky konstantním zatížením síta F-D760

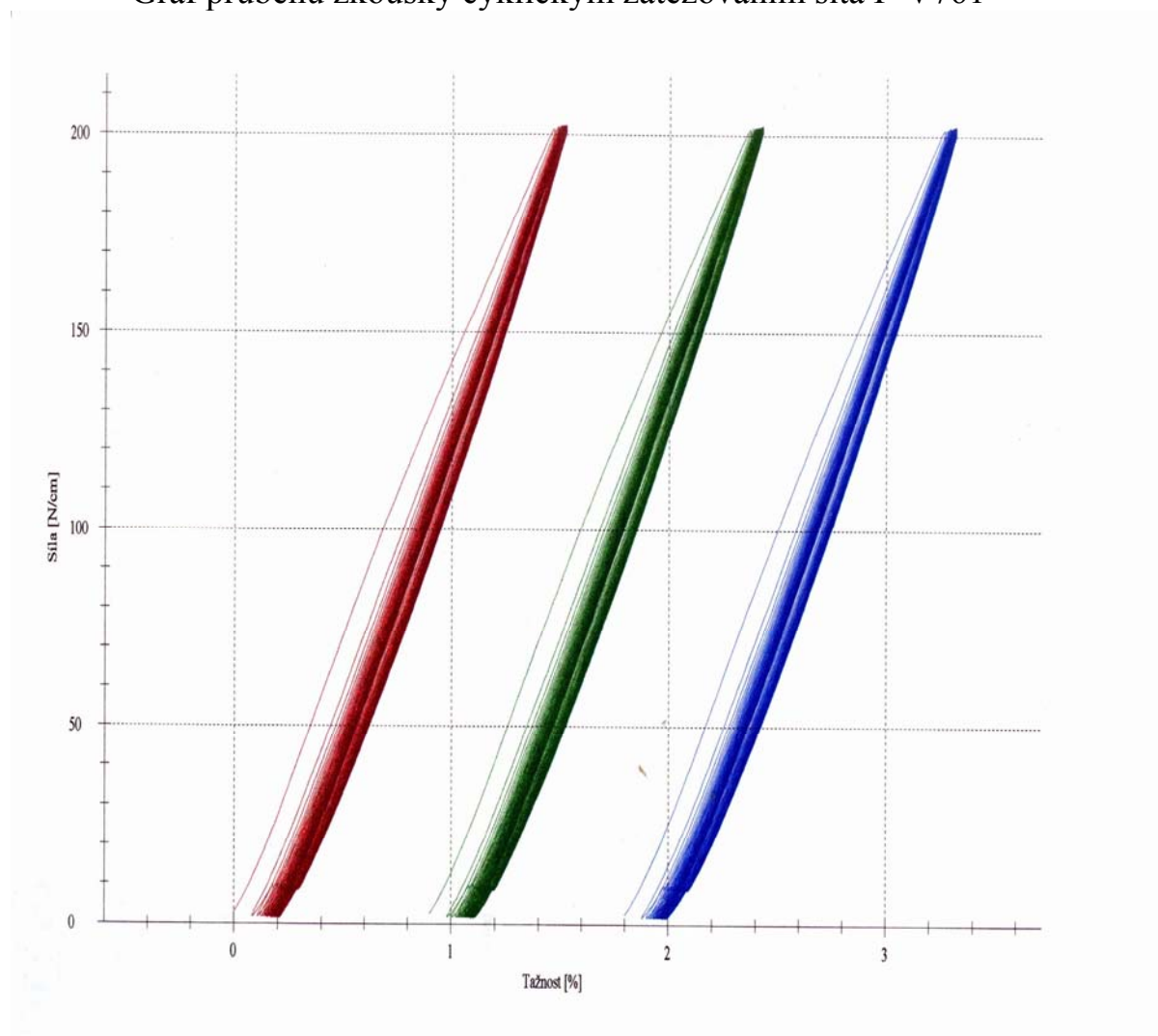


## Zkouška cyklickým zatěžováním síta F-V761

### Tabulka naměřených a vyhodnocených dat

měření	Tloušťka [mm]	$\varepsilon$ celková [%]	$\varepsilon$ plastická [%]	$\varepsilon$ elastická [%]	W práce [N.cm/ cm <sup>2</sup> ]
1	0,648	1,511	0,181	1,33	294,086
2	0,656	1,514	0,179	1,335	292,745
3	0,641	1,508	0,167	1,341	289,774
statistika měření	Tloušťka [mm]	$\varepsilon$ celková [%]	$\varepsilon$ plastická [%]	$\varepsilon$ elastická [%]	W práce [N.cm/ cm <sup>2</sup> ]
průměr	0,648	1,511	0,176	1,335	292,202
směrodatná odchylka	0,008	0,003	0,008	0,006	2,207
rozptyl	0,000	0,000	0,000	0,000	4,870
variační koeficient [%]	1,158	0,199	4,310	0,412	0,755
IS	±0,008	±0,003	±0,009	±0,006	±2,497

### Graf průběhu zkoušky cyklickým zatěžováním síta F-V761

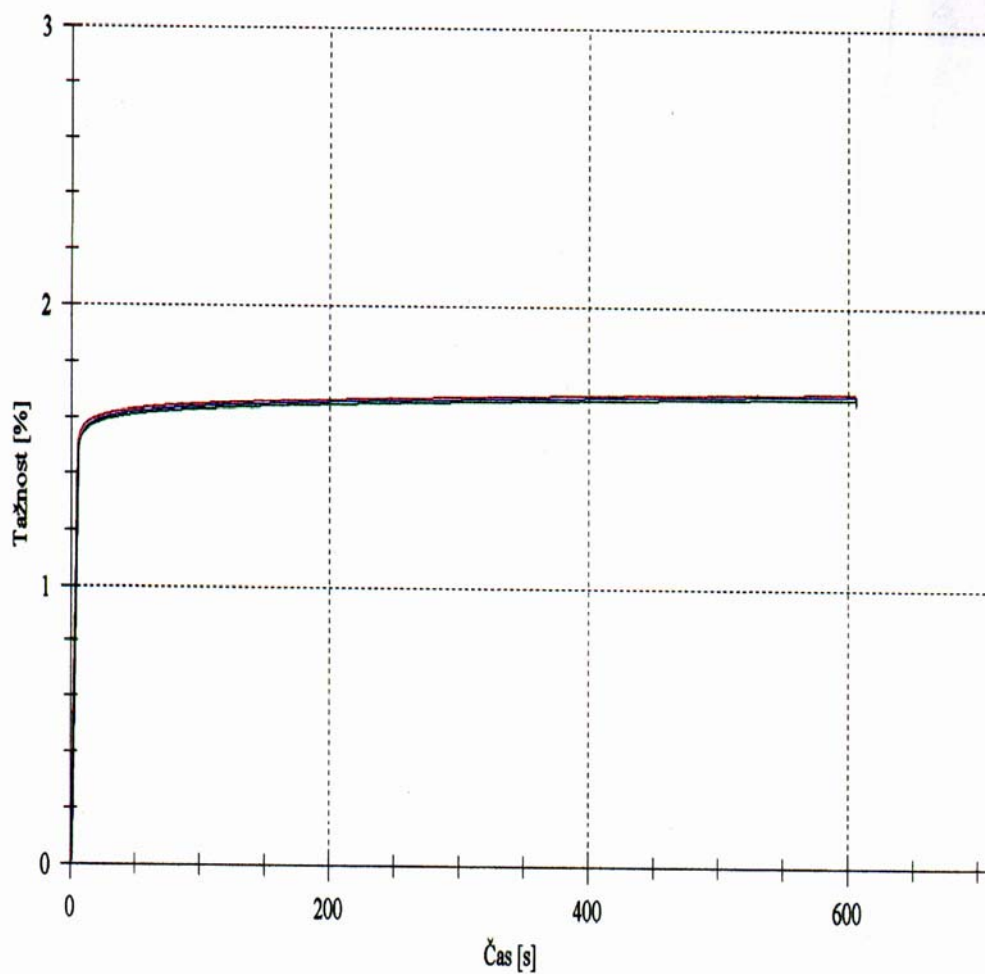


## Zkouška konstantním zatížením síta F-V761

Tabulka naměřených a vyhodnocených dat

měření	$\varepsilon$ [%]	F[N/cm]
1	1,7	201,69
2	1,68	201,49
3	1,69	201,62
statistika měření	$\varepsilon$ [%]	F [N/cm]
průměr	1,690	201,600
směrodatná odchylka	0,010	0,101
rozptyl	0,000	0,010
variační koeficient [%]	0,592	0,050
IS	$\pm 0,011$	$\pm 0,115$

Graf průběhu zkoušky konstantním zatížením síta F-V761



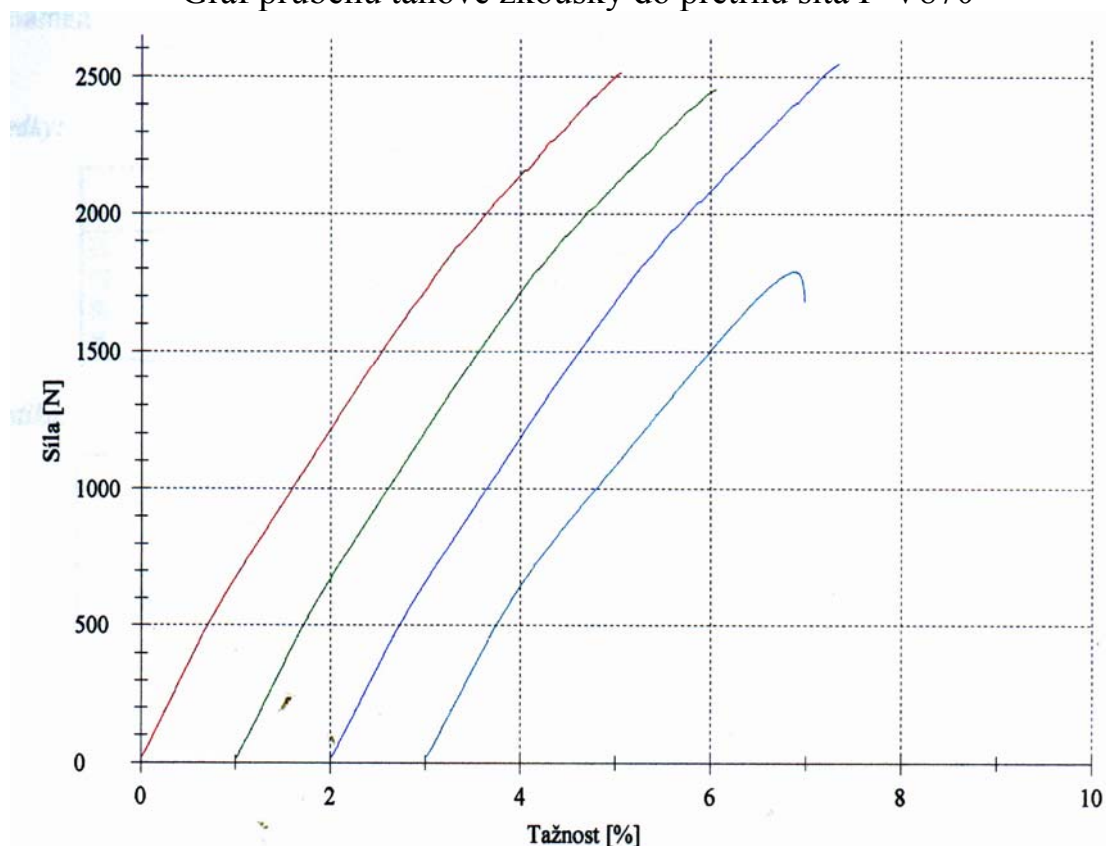
## Dvou a půlvrstvé síto F-V870

### Tahová zkouška do přetrhu

Tabulka naměřených a vyhodnocených dat

měření	Fmax[N]	$\varepsilon$ [%]	$\varepsilon$ [%] při 50 N	$\varepsilon$ [%] při 100N
1	2515,32	5,1	0,34	0,71
2	2455,31	5,09	0,35	0,71
3	2547,77	5,39	0,35	0,73
spoj	1789,28	4,02	0,36	0,74
statistika měření	Fmax[N]	$\varepsilon$ [%]	$\varepsilon$ [%] při 50 N	$\varepsilon$ [%] při 100N
průměr	2506,133	5,193	0,347	0,717
směrodatná odchylka	46,910	0,170	0,006	0,012
rozptyl	2200,509	0,029	0,000	0,000
variační koeficient [%]	1,872	3,281	1,665	1,611
IS	$\pm 53,082$	$\pm 0,193$	$\pm 0,007$	$\pm 0,013$

Graf průběhu tahové zkoušky do přetrhu síta F-V870



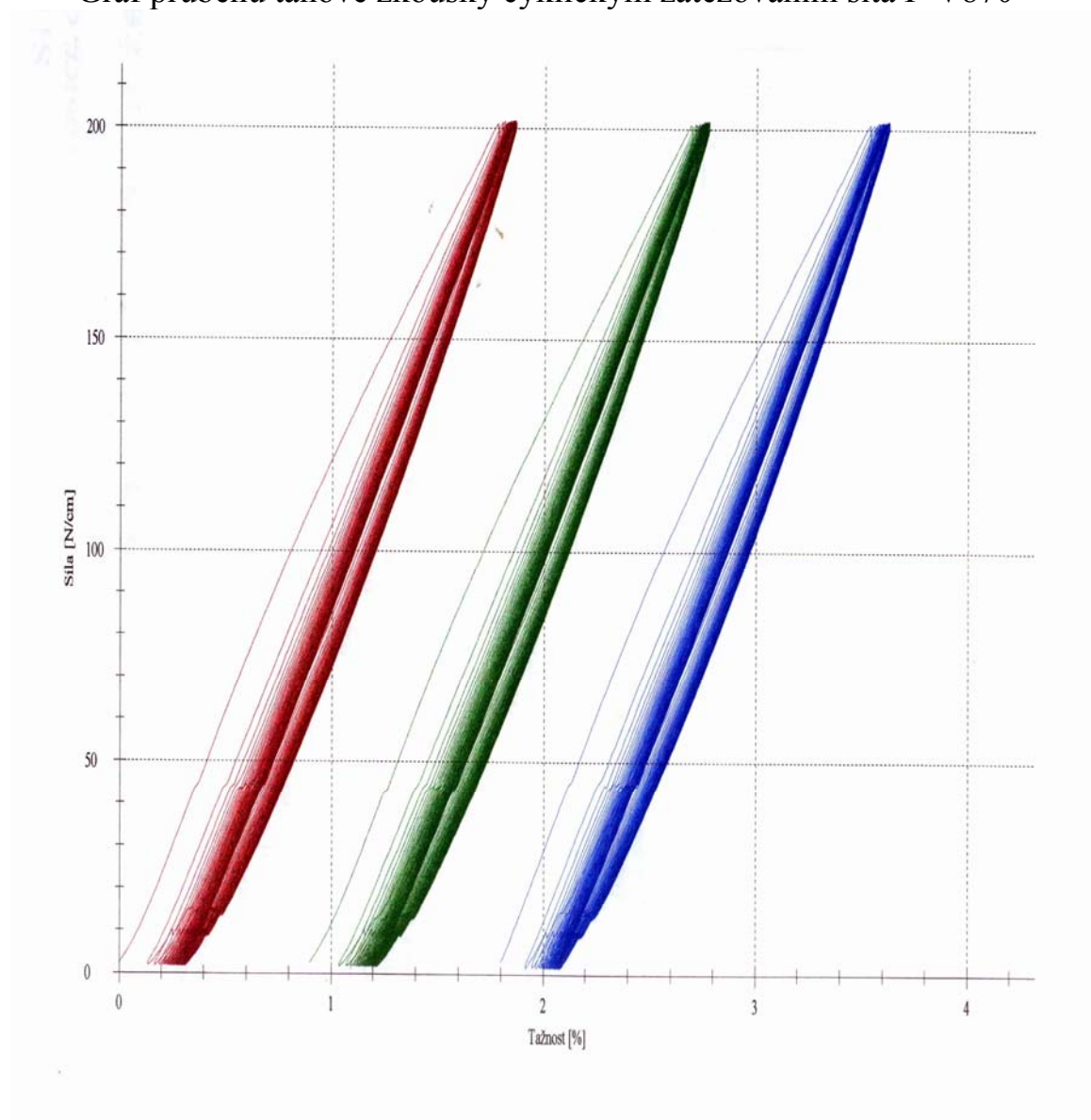


## Zkouška cyklickým zatěžováním síta F-V870

### Tabulka naměřených a vyhodnocených dat

měření	Tloušťka [mm]	$\varepsilon$ celková [%]	$\varepsilon$ plastická [%]	$\varepsilon$ elastická [%]	W práce [N.cm/ cm <sup>2</sup> ]
1	0,673	1,849	0,271	1,578	471,995
2	0,677	1,86	0,279	1,582	474,653
3	0,672	1,809	0,245	1,564	476,015
statistika měření	Tloušťka [mm]	$\varepsilon$ celková [%]	$\varepsilon$ plastická [%]	$\varepsilon$ elastická [%]	W práce [N.cm/ cm <sup>2</sup> ]
průměr	0,674	1,839	0,265	1,575	474,221
směrodatná odchylka	0,003	0,027	0,018	0,009	2,045
rozptyl	0,000	0,001	0,000	0,000	4,180
variační koeficient [%]	0,445	1,459	6,708	0,600	0,431
IS	±0,003	±0,030	±0,020	±0,011	±2,314

Graf průběhu tahové zkoušky cyklickým zatěžováním síta F-V870

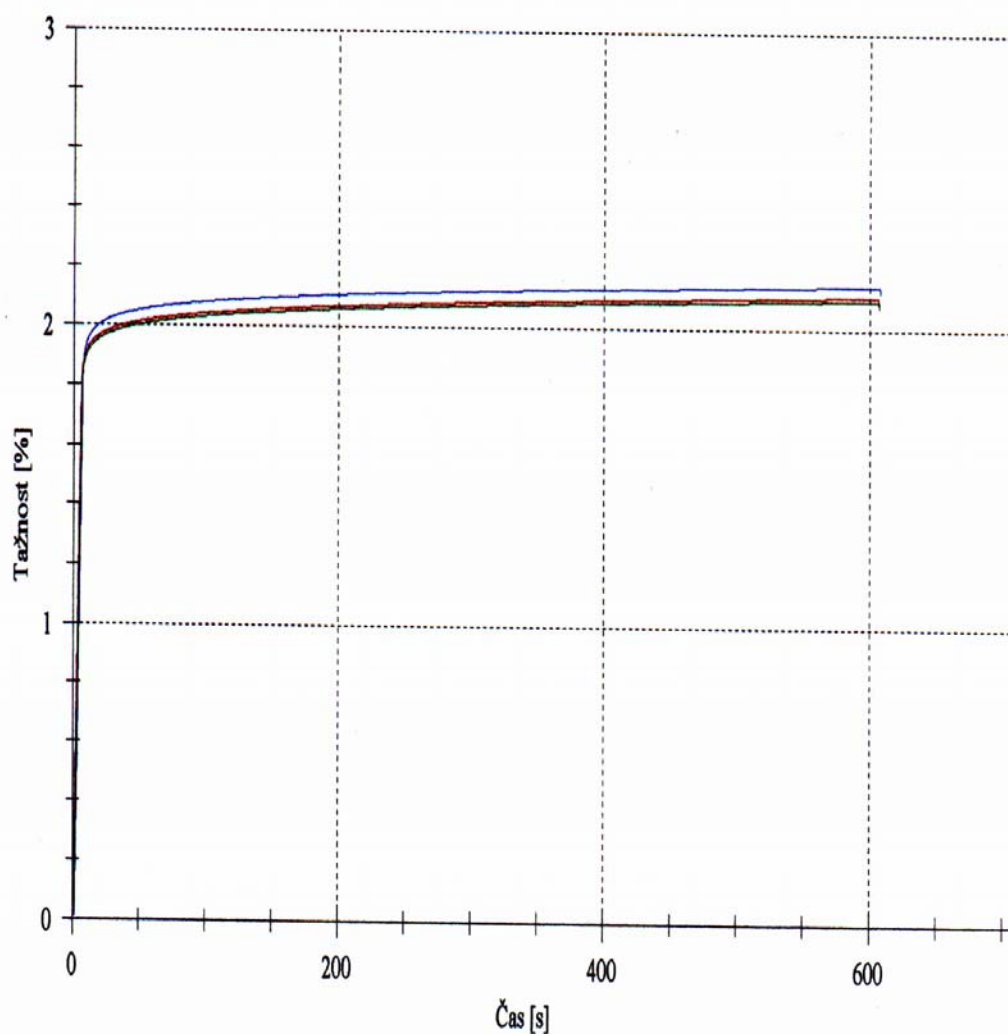


## Zkouška konstantním zatížením síta F-V870

Tabulka naměřených a vyhodnocených dat

Měření	$\varepsilon$ [%]	F[N/cm]
1	2,11	200,96
2	2,1	201,08
3	2,15	201,01
statistika měření	$\varepsilon$ [%]	F [N/cm]
průměr	2,12	201,017
směrodatná odchylka	0,026	0,06
rozptyl	0,001	0,004
variační koeficient [%]	1,248	0,03
IS	$\pm 0,03$	$\pm 0,068$

Graf průběhu zkoušky konstantním zatížením síta F-V870

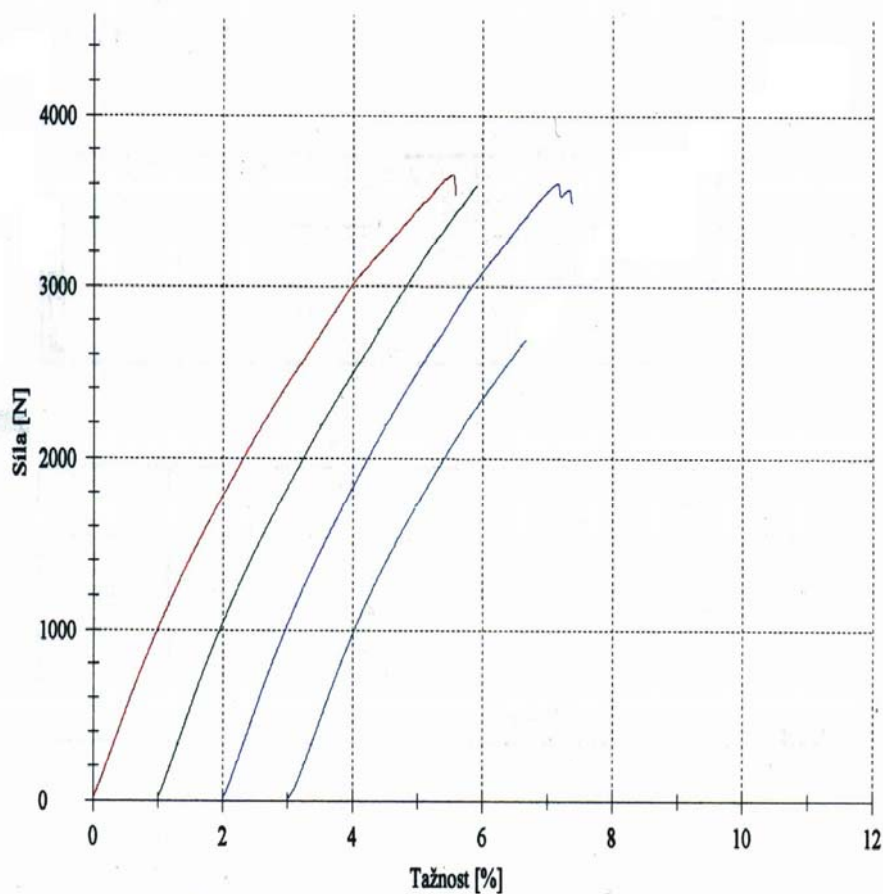


## Dvouvrstvé síto F-D1640

### Tahová zkouška do přetrhu

měření	Fmax[N]	$\varepsilon$ [%]	$\varepsilon$ [%] při 50 N	$\varepsilon$ [%] při 100N
1	3626,78	5,45	0,24	0,47
2	3592,31	5,92	0,23	0,46
3	3603,95	5,23	0,24	0,47
spoj	2720,78	8,33	0,29	0,52
statistika měření	Fmax [N]	$\varepsilon$ [%]	$\varepsilon$ [%] při 50 N	$\varepsilon$ [%] při 100N
průměr	3607,680	5,530	0,240	0,470
směrodatná odchylka	17,540	0,350	0,010	0,010
rozptyl	307,480	0,120	0,000	0,000
variační koeficient [%]	0,490	6,370	2,440	1,240
IS	±19,840	±0,400	±0,010	±0,010

Graf průběhu tahové zkoušky do přetrhu síta F-D1640

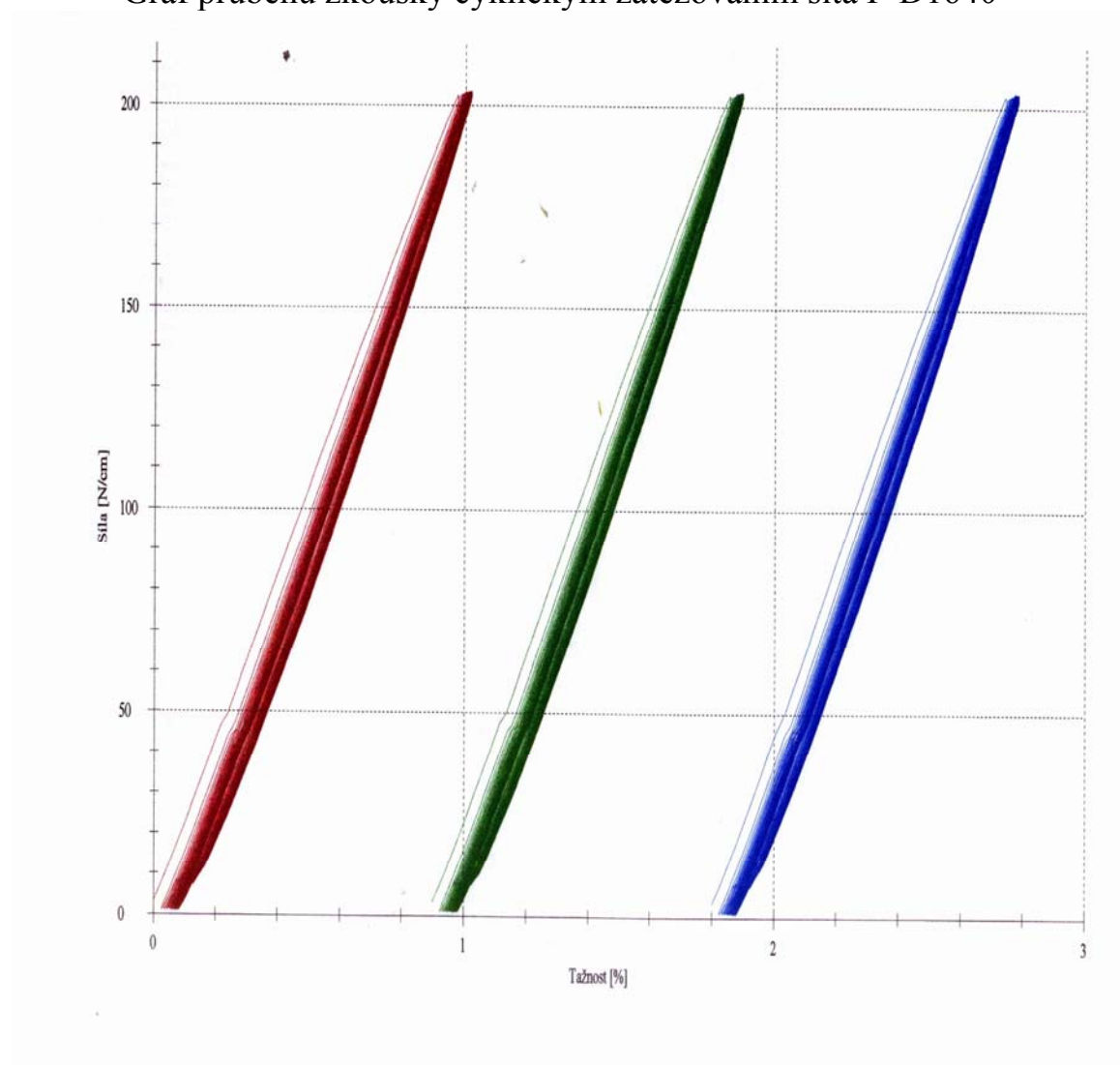


## Zkouška cyklickým zatěžováním síta F-D1640

Tabulka naměřených a vyhodnocených dat

měření	Tloušťka [mm]	$\epsilon$ celková [%]	$\epsilon$ plastická [%]	$\epsilon$ elastická [%]	W práce [N.cm/ cm <sup>2</sup> ]
1	1,455	1,01	0,069	0,942	176,704
2	1,413	0,983	0,065	0,918	166,234
3	1,436	0,974	0,063	0,91	163,007
statistika měření	Tloušťka [mm]	$\epsilon$ celková [%]	$\epsilon$ plastická [%]	$\epsilon$ elastická [%]	W práce [N.cm/ cm <sup>2</sup> ]
průměr	1,435	0,989	0,066	0,923	168,648
směrodatná odchylka	0,021	0,019	0,003	0,017	7,161
rozptyl	0,000	0,000	0,000	0,000	51,274
variační koeficient [%]	1,466	1,894	4,652	1,804	4,246
IS	±0,024	±0,021	±0,003	±0,019	±8,103

Graf průběhu zkoušky cyklickým zatěžováním síta F-D1640

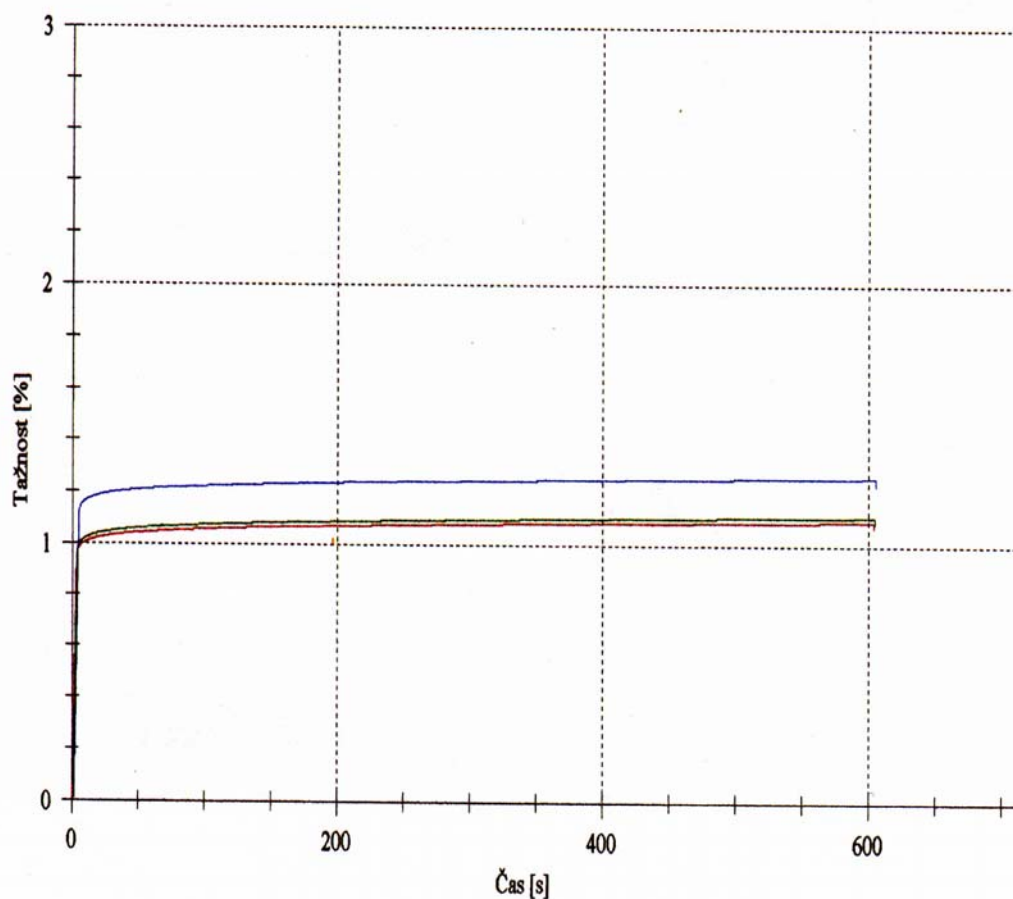


## Zkouška konstantním zatížením síta F-D1640

Tabulka naměřených a vyhodnocených dat

měření	$\varepsilon$ [%]	F[N/cm]
1	1,09	202,64
2	1,11	203,05
3	1,26	202,71
statistika měření	$\varepsilon$ [%]	F [N/cm]
průměr	1,153	202,800
směrodatná odchylka	0,093	0,219
rozptyl	0,009	0,048
variační koeficient [%]	8,056	0,108
IS	$\pm 0,105$	$\pm 0,248$

Graf průběhu tahové zkoušky konstantním zatížením síta F-D1640



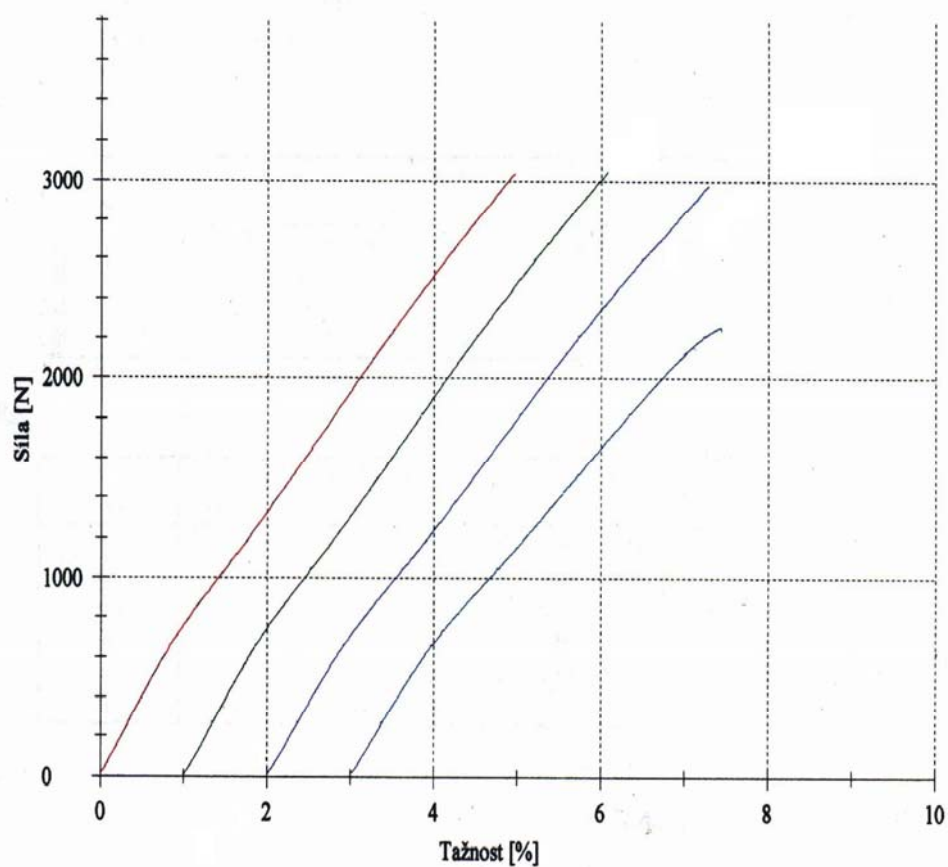
## Dvou a půlvrstvé síto F-V1660

### Tahová zkouška do přetrhu

Tabulka naměřených a vyhodnocených dat

měření	Fmax[N]	$\varepsilon$ [%]	$\varepsilon$ [%] při 50 N	$\varepsilon$ [%] při 100N
1	3043,2	4,91	0,31	0,62
2	3075,12	5,09	0,33	0,64
3	2997,02	4,29	0,34	0,68
spoj	2259,78	4,46	0,35	0,71
statistika měření	Fmax[N]	$\varepsilon$ [%]	$\varepsilon$ [%] při 50 N	$\varepsilon$ [%] při 100N
průměr	3038,447	4,763	0,327	0,647
směrodatná odchylka	39,266	0,420	0,015	0,031
rozptyl	1541,848	0,176	0,000	0,001
variační koeficient [%]	1,292	8,811	4,676	4,724
IS	±44,433	±0,475	±0,017	±0,035

Graf průběhu tahové zkoušky do přetrhu

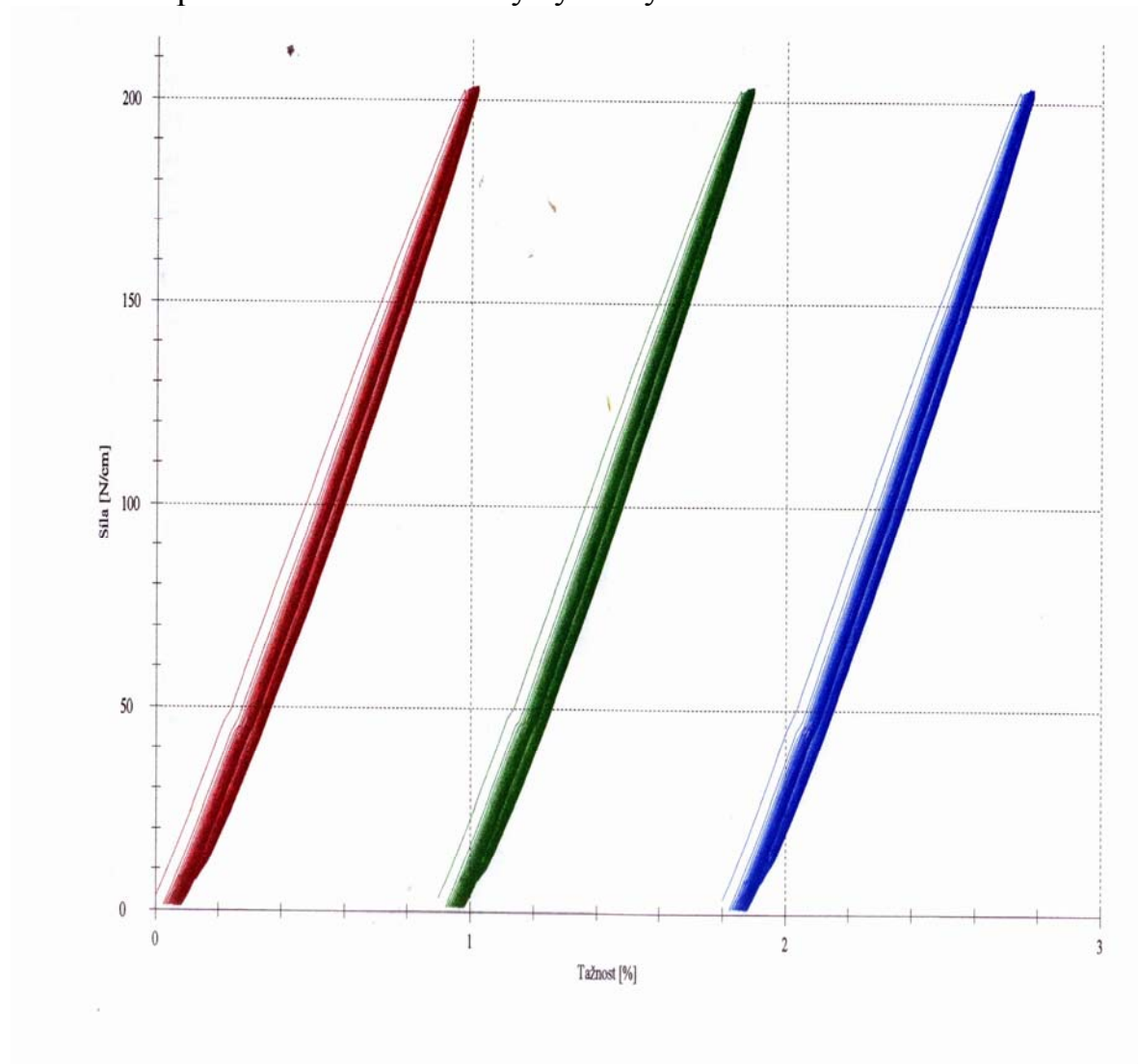


## Zkouška cyklickým zatěžováním F-V1660

Tabulka naměřených a vyhodnocených dat

měření	Tloušťka [mm]	$\epsilon$ celková [%]	$\epsilon$ plastická [%]	$\epsilon$ elastická [%]	W práce [N.cm/ cm <sup>2</sup> ]
1	0,926	1,522	0,186	1,336	313,689
2	0,927	1,509	0,183	1,327	307,178
3	0,926	1,563	0,191	1,372	329,1
statistika měření	Tloušťka [mm]	$\epsilon$ celková [%]	$\epsilon$ plastická [%]	$\epsilon$ elastická [%]	W práce [N.cm/ cm <sup>2</sup> ]
průměr	0,926	1,531	0,187	1,345	316,656
směrodatná odchylka	0,001	0,028	0,004	0,024	11,258
rozptyl	0,000	0,001	0,000	0,001	126,744
variační koeficient [%]	0,062	1,840	2,165	1,770	3,555
IS	±0,001	±0,032	±0,005	±0,027	±12,739

Graf průběhu tahové zkoušky cyklickým zatěžováním síta F-V1660



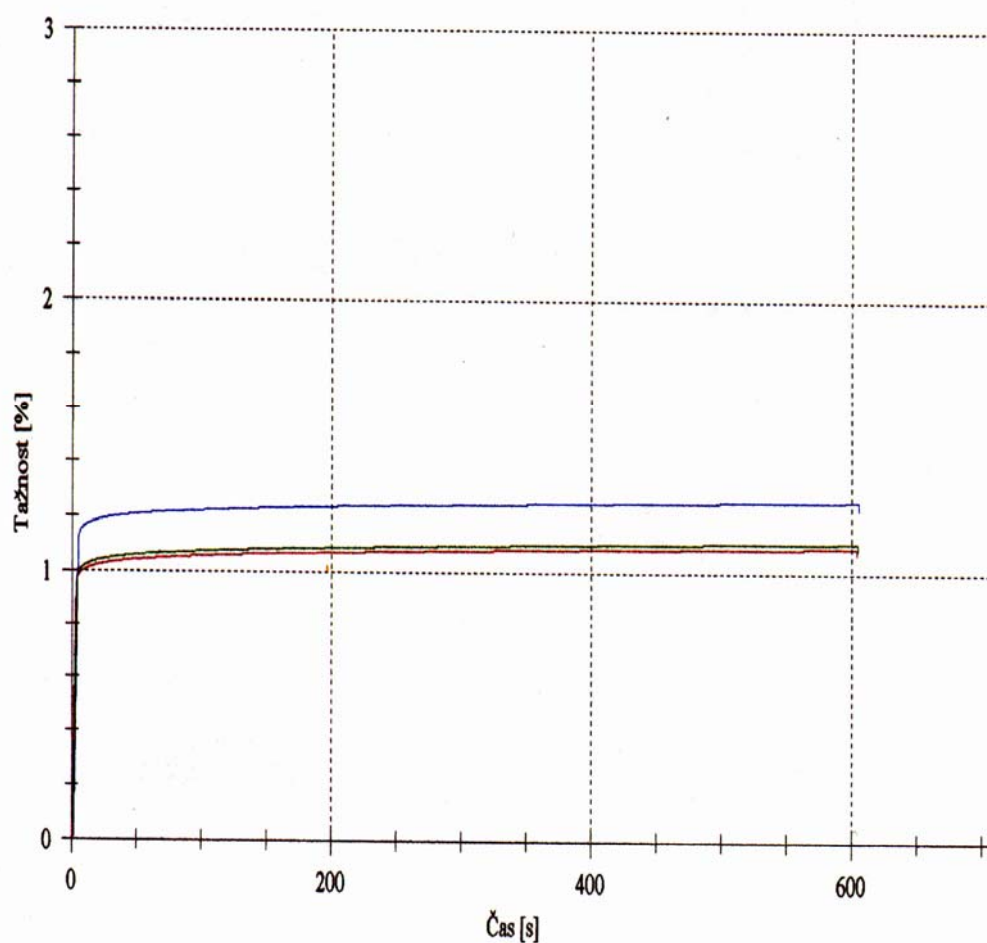


## Zkouška konstantním zatížením F-V1660

Tabulka naměřených a vyhodnocených dat

měření	$\varepsilon$ [%]	F[N/cm]
1	1,68	201,23
2	1,65	201,46
3	1,74	201,22
statistika měření	$\varepsilon$ [%]	F [N/cm]
průměr	1,69	201,303
směrodatná odchylka	0,046	0,136
rozptyl	0,002	0,018
variační koeficient [%]	2,712	0,067
IS	$\pm 0,052$	$\pm 0,154$

Graf průběhu tahové zkoušky konstantním zatížením síta F-V1660





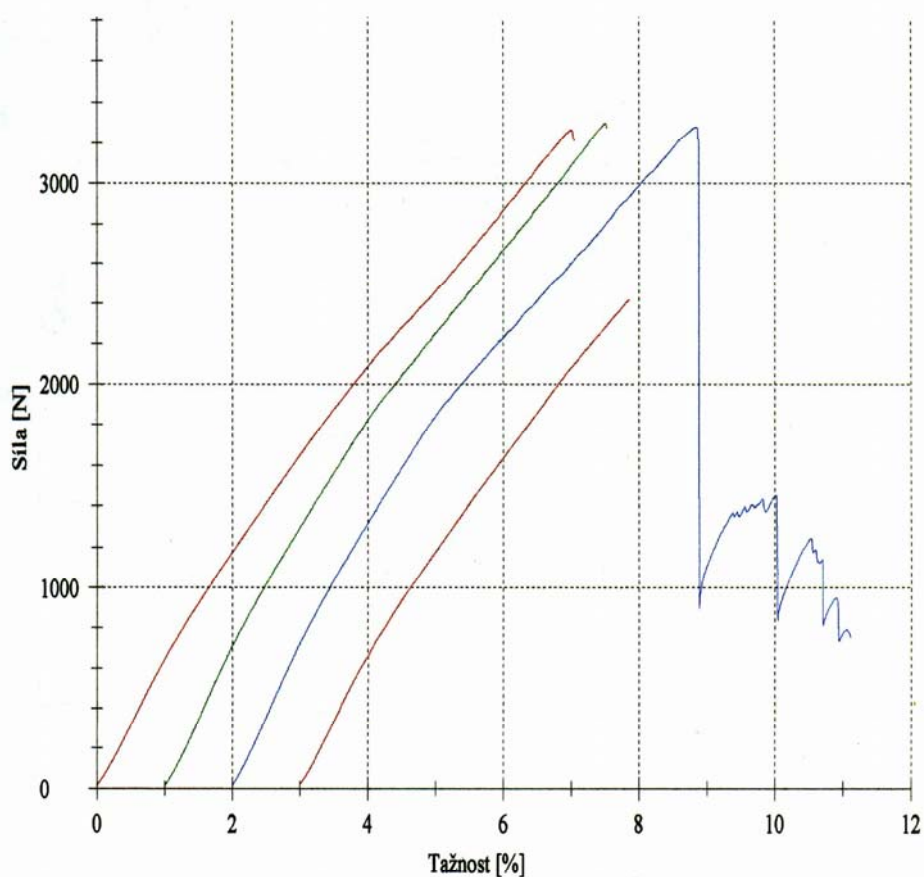
## Třívrstvé síť F-T64

### Tahová zkouška do přetrhu

Tabulka naměřených a vyhodnocených dat

měření	Fmax[N]	$\varepsilon$ [%]	$\varepsilon$ [%] při 50 N	$\varepsilon$ [%] při 100N
1	3271,45	6,93	0,4	0,78
2	3311,68	6,53	0,38	0,71
3	3302,54	6,74	0,36	0,69
spoj T64	2420,67	5,82	0,39	0,83
statistika měření	Fmax [N]	$\varepsilon$ [%]	$\varepsilon$ [%] při 50 N	$\varepsilon$ [%] při 100N
průměr	3295,223	6,733	0,38	0,727
směrodatná odchylka	21,089	0,2	0,02	0,047
rozptyl	444,763	0,04	0	0,002
variační koeficient [%]	0,64	2,972	5,263	6,503
IS	±23,864	±0,226	±0,023	±0,053

Graf průběhu tahové zkoušky do přetrhu

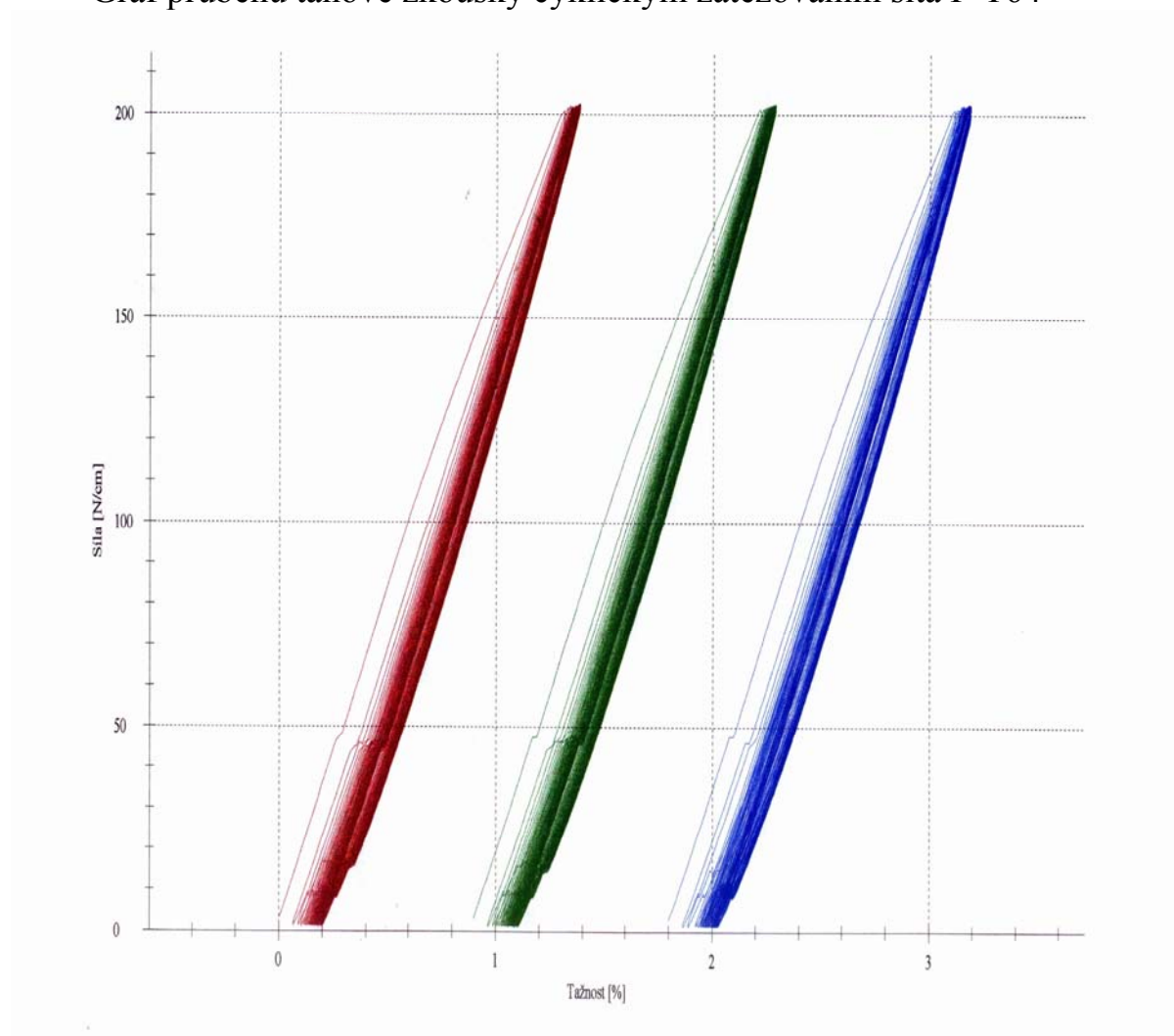


## Zkouška cyklickým zatěžováním síta F-T64

Tabulka naměřených a vyhodnocených dat

měření	Tloušťka [mm]	$\epsilon$ celková [%]	$\epsilon$ plastická [%]	$\epsilon$ elastická [%]	W práce [N.cm/ cm <sup>2</sup> ]
1	0,91	1,368	0,169	1,199	293,773
2	0,904	1,373	0,172	1,201	297,022
3	0,909	1,372	0,19	1,182	310,563
statistika měření	Tloušťka [mm]	$\epsilon$ celková [%]	$\epsilon$ plastická [%]	$\epsilon$ elastická [%]	W práce [N.cm/ cm <sup>2</sup> ]
průměr	0,908	1,371	0,177	1,194	300,453
směrodatná odchylka	0,003	0,003	0,011	0,010	8,905
rozptyl	0,000	0,000	0,000	0,000	79,303
variační koeficient [%]	0,354	0,193	6,417	0,874	2,964
IS	±0,004	±0,003	±0,013	±0,012	±10,077

Graf průběhu tahové zkoušky cyklickým zatěžováním síta F-T64

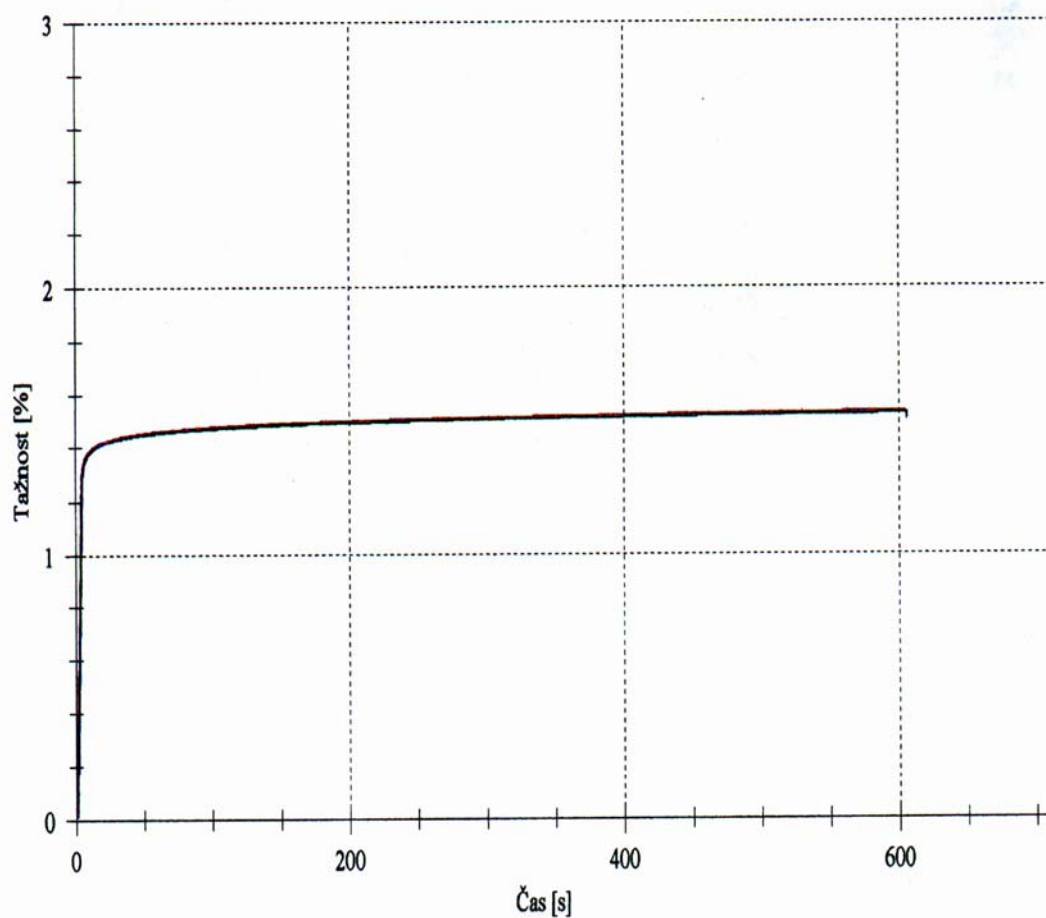


## Zkouška konstantním zatížením F-T64

Tabulka naměřených a vyhodnocených dat

měření	$\varepsilon$ [%]	F[N/cm]
1	1,53	201,47
2	1,52	201,5
3	1,52	201,76
statistika měření	$\varepsilon$ [%]	F[N/cm]
průměr	1,523	201,577
směrodatná odchylka	0,006	0,159
rozptyl	0,000	0,025
variační koeficient [%]	0,379	0,079
IS	$\pm 0,007$	$\pm 0,180$

Graf průběhu tahové zkoušky konstantním zatížením síta F-T64



## **Příloha 5**

Systematika značení sít firmy Sítos a.s.

## Značení sít (Sítos a.s.)

*Formovací síta vícevrstvá (víceútková či vícenásobná se spojovacími útky)*



druh použití síta: F.....formovací(odvodňovací)

počet vrstev síta: D.....dvouvrstvé (víceútková)

V.....dvou a půlvrstvé síto( vícenásobná tkanina se spojovacími útky)

Střída vazby :

- 4 – vazné
- 7 – vazné
- 8 – vazné
- 14 – vazné
- 16 – vazné

## *Formovací síta jednovrstvá (jednoduchá)*



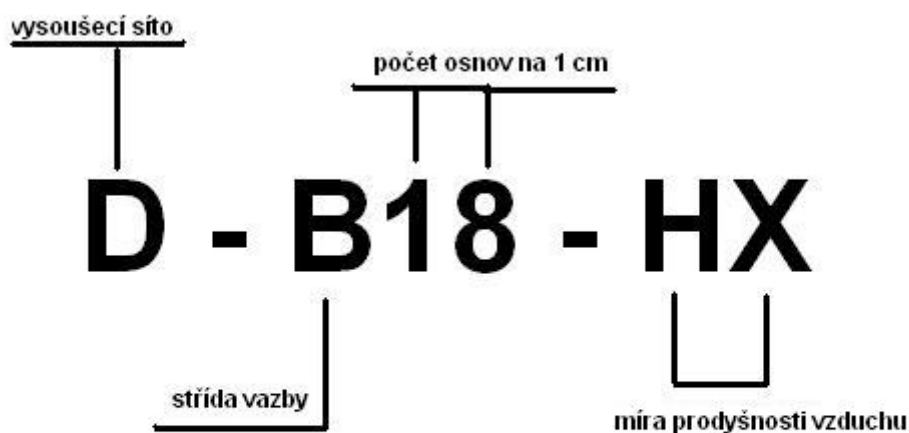
**Typ vazby:**

- A.....3-vazný kepr
- B.....4-vazný kepr
- C.....plátnová vazba
- P.....5-vazný atlas
- Q.....6-vazný atlas
- G.....8-vazný atlas
- Ph.....5-vazný kepr hrotový
- Ah.....3-vazný kepr hrotový

**Druh materiálu monofilu:**

- S.....PES ( polyester)
- N.....PAD ( polyamid)
- C.....PES + PAD
- P.....POP ( polypropylen)

## *Vysoušecí síta*



druh použití síta: D(=drying).....vysoušecí (sušící)

Typ vazby:

B.....4-vazný kepr  
Q.....6-vazný atlas  
R.....12-vazný atlas

S.....spirálové síto (není to tkanina, textile ano)

Míra prodyšnosti vzduchu:

HX.....velmi vysoká  
H..... vysoká  
M.....střední  
L.....nízká  
LX.....velmi nízká